

21
C.2

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSGRADUADOS

CRISTINA VILLALBA - CATIE
18 DIC 2001
RECIBIDO
Escuela de Posgrados

**PLANTACIONES FORESTALES EN COSTA RICA Y NICARAGUA:
COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES Y PREFERENCIAS DE
LOS PRODUCTORES.**

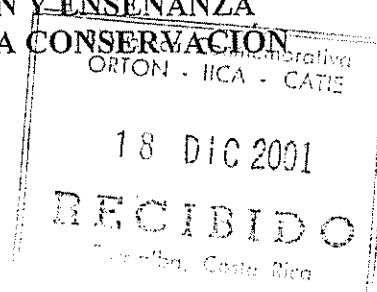
POR

DANIEL PIOTTO

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



// Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: comportamiento de las especies y preferencias de los productores.

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae

Por

✓
Daniel Piotto

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2001

Esta tesis fue aceptada en su presente forma por la Escuela de Posgrado, el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae

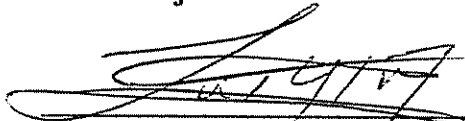
FIRMANTES:



Florencia Montagnini, Ph. D.
Consejera Principal



Markku Kanninen, Ph. D.
Co-Consejero



Luis Ugalde Arias, Ph. D.
Miembro Comité Consejero



Edgar Viquez, M. Sc.
Miembro Comité Consejero



Al Moslemi, Ph. D.
Director Escuela de Posgrado



Daniel Piotto
Candidato

Agradecimientos

Deseo manifestar un sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

Organización de los Estados Americanos – OEA, por haber concedido la beca que hizo posible la realización de los estudios de Posgrado.

Al proyecto Dinámica de Plantaciones de la Universidad de Helsinki, Finlandia; Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central – FUNDECOR; Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí – CACSA; Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal – POSAF; Precious Woods Maderas de Costa Rica S. A; y Organización para Estudios Tropicales – OET, por la colaboración prestada en la realización del trabajo de campo.

A Florencia Montagnini por la amistad y por su significativo aporte en mi formación académica.

A Markku Kanninen, Luis Ugalde y Edgar Víquez, por sus valiosas observaciones y sugerencias.

A Marcelino Montero, Gustavo López y Gilberto Páez, por la colaboración prestada durante la realización del presente trabajo.

A los propietarios de plantaciones forestales y asistentes que colaboraron en el trabajo de campo.

A todos los funcionarios, profesores y estudiantes del CATIE por la amistad y el apoyo brindados en estos dos años.

Biografía

El autor nació en octubre de 1974 en el Estado de São Paulo en la República Federativa de Brasil. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en la ciudad de Vinhedo, São Paulo.

En 1992 ingresó a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Estadual Paulista, obteniendo el título de Ingeniero Forestal en mayo de 1998.

En enero de 2000, ingresó como estudiante regular en la Escuela de Posgraduados del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en la especialidad de Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, con énfasis en Manejo de Sistemas de Producción Forestal Diversificado, obteniendo el grado de *Magister Scientiae* en diciembre de 2001.

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Introducción _____	1
1.1. Literatura citada _____	3
2. Revisión de literatura _____	5
2.1. El papel de las plantaciones forestales _____	5
2.2. Consideraciones relativas al productor forestal _____	6
2.3. Selección de especies para producción de madera de aserrío _____	8
2.4. Composición de la plantación _____	11
2.5. Literatura citada _____	13
3. Comportamiento de plantaciones forestales establecidas por pequeños y medianos productores en las llanuras de la vertiente atlántica norte de Costa Rica. _____	18
3.1. Introducción _____	18
3.2. Materiales y métodos _____	20
3.2.1. Descripción del sitio _____	20
3.2.2. Metodología _____	20
3.2.3. Recolección y análisis de datos _____	23
3.3. Resultados _____	24
3.3.1. Espaciamientos _____	24
3.3.2. Supervivencia y número de árboles por hectárea _____	24
3.3.3. Crecimiento y productividad _____	25
3.3.4. Forma _____	27
3.4. Discusión _____	27
3.4.1. Especies promisorias para la reforestación _____	27
3.4.2. Efectos del sitio y de las prácticas silviculturales _____	30
3.5. Conclusiones _____	31
3.6. Literatura citada _____	32

4. Crecimiento y efectos del raleo para doce especies forestales nativas del trópico húmedo de Costa Rica en plantaciones puras y mixtas.	35
4.1. Introducción	35
4.2. Materiales y métodos	36
4.2.1. Descripción del sitio	36
4.2.2. Metodología	36
4.2.2.1. Establecimiento de las plantaciones	36
4.2.2.2. Mediciones de las plantaciones	38
4.3. Resultados	39
4.3.1. Crecimiento y productividad de las plantaciones puras y mixtas	39
4.3.2. Efectos del raleo	42
4.4. Discusión	45
4.4.1. Comportamiento de las especies y sistemas de producción	45
4.4.2. Necesidad de las prácticas silviculturales	47
4.5. Conclusiones	48
4.6. Literatura citada	49
5. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas del trópico seco de Costa Rica: una comparación de crecimiento y productividad.	52
5.1. Introducción	52
5.2. Materiales y métodos	53
5.2.1. Descripción del sitio	53
5.2.2. Metodología	54
5.3. Resultados	56
5.4. Discusión	64
5.5. Conclusiones	69
5.6. Literatura citada	70
6. Crecimiento inicial de plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas en Santa Cecilia, trópico subhúmedo de Costa Rica.	74
6.1. Introducción	74

6.2. Materiales y métodos	75
6.2.1. Descripción del sitio	75
6.2.2. Metodología	75
6.3. Resultados	76
6.4. Discusión	81
6.5. Conclusiones	82
6.6. Literatura citada	83
7. Características y preferencias de pequeños productores forestales en los trópicos: una comparación entre el trópico húmedo de Costa Rica y el trópico seco de Nicaragua.	85
7.1. Introducción	85
7.2. Materiales y métodos	88
7.2.1. Localización del estudio	88
7.2.2. Metodología	89
7.3. Resultados	90
7.3.1. Sarapiquí, Costa Rica	90
7.3.2. Carazo, Nicaragua	101
7.3.3. Comparación entre las características y preferencias de los productores de Costa Rica y Nicaragua	112
7.3.4. Definición y caracterización de grupos de productores	113
7.4. Discusión	115
7.4.1. Características y aspiraciones de los productores	115
7.4.2. Qué tipo de árboles el productor tiene interés de plantar	117
7.4.3. Comportamiento de las plantaciones forestales establecidas por los pequeños productores	118
7.5. Conclusiones	120
7.6. Literatura citada	121
8. Conclusiones y recomendaciones	125
9. Anexos	130

Lista de Cuadros

	Pág.
Cuadro 3.1 – Especies forestales más utilizadas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Costa Rica, familia y distribución natural.	19
Cuadro 3.2 – Tamaño y número de fincas donde se realizaron las mediciones.	21
Cuadro 3.3 – Errores de muestreo (EM) calculados para todas las especies con los datos de la presente investigación (n = 7).	22
Cuadro 3.4 – Supervivencia y número de árboles por hectárea en plantaciones forestales establecidas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.	25
Cuadro 3.5 - Incremento medio anual en diámetro (IMADAP), incremento medio anual en altura (IMAALT) e incremento medio anual en volumen (IMAVOL) de las 9 especies forestales más utilizadas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.	26
Cuadro 3.6 – Forma de los árboles en plantaciones forestales establecidas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades de entre 6 y 11 años.	27
Cuadro 4.1 – Especies forestales utilizadas en plantaciones arbóreas experimentales mixtas y puras en La Estación Biológica La Selva, Costa Rica.	37
Cuadro 4.2 – DAP, altura total y supervivencia de 12 especies nativas en plantaciones puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.	40
Cuadro 4.3 – Área basal, índice de volumen y número de árboles por hectárea para 12 especies nativas en plantaciones puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.	41
Cuadro 4.4 – DAP, altura total, área basal, índice de volumen y árboles por hectárea en plantaciones forestales de especies nativas sin raleo y con raleo en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.	43
Cuadro 4.5 – DAP, altura total, área basal, índice de volumen y árboles por hectárea en plantaciones forestales puras y mixtas de especies nativas con raleo y sin raleo en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.	44
Cuadro 5.1 – Características de suelos en las réplicas de plantaciones forestales experimentales, a los 68 meses de edad, en las Fincas Garza y Ostional, Nicoya, Costa Rica.	54

Cuadro 5.2 - Características de las 14 especies cultivadas en plantaciones forestales experimentales mixtas y puras en las Fincas Garza y Ostional, Nicoya, Costa Rica.....	55
Cuadro 5.3 - Crecimiento y sobrevivencia a los 68 meses de edad.....	57
Cuadro 5.4 - Área basal y volumen a los 68 meses de edad.....	59
Cuadro 6.1 - Características de las 14 especies cultivadas en plantaciones forestales experimentales mixtas y puras en Santa Cecilia, Costa Rica.....	76
Cuadro 6.2 - Crecimiento y sobrevivencia de especies nativas en plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad.....	79
Cuadro 6.3 - Crecimiento y productividad de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica a los 55 meses de edad.....	80
Cuadro 7.1 - Diferencias estadísticas entre los productores que han reforestado por razones económicas (n=26) y los que han reforestado por razones ambientales (n=16), en Sarapiquí, Costa Rica.....	93
Cuadro 7.2 - Diferencias estadísticas entre los productores que prefieren especies nativas (n=28) y los que prefieren especies exóticas (n=14) en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.....	96
Cuadro 7.3 - Productores que utilizan diferentes prácticas silviculturales en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.....	97
Cuadro 7.4 - Productores que recibieron apoyo de extensionistas en las diferentes prácticas silviculturales en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.....	98
Cuadro 7.5 - Sobrevivencia y número de árboles por hectárea en plantaciones forestales establecidas por productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.....	98
Cuadro 7.6 - Distribución en clases de crecimiento de las plantaciones establecidas por productores del Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.....	99
Cuadro 7.7 - Incremento medio anual en diámetro (IMADAP), incremento medio anual en altura (IMAALT) e incremento medio anual en volumen (IMAVOL) de las 9 especies forestales más utilizadas por productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.....	99
Cuadro 7.8 - Forma de los árboles en plantaciones forestales establecidas por productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.....	100

Cuadro 7.9 - Diferencias estadísticas entre los productores que han reforestado por razones económicas (n=54) y los que han reforestado por razones ambientales (n=16), en Carazo, Nicaragua	103
Cuadro 7.10 - Diferencias estadísticas entre los productores que prefieren especies nativas (n=56) y los que prefieren especies exóticas (n=14) en Carazo, Nicaragua.	106
Cuadro 7.11 - Productores que utilizan diferentes prácticas silviculturales en la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua.....	107
Cuadro 7.12 - Productores que recibieron apoyo de extensionistas en las diferentes prácticas silviculturales en la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua.....	108
Cuadro 7.13 - Mortalidad y número de árboles por hectárea en plantaciones establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.	108
Cuadro 7.14 - Distribución en clases de crecimiento de las plantaciones establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.	109
Cuadro 7.15 - Crecimiento y productividad de plantaciones forestales establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.	109
Cuadro 7.16 - Crecimiento y productividad de plantaciones forestales mixtas establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.	110
Cuadro 7.17 - Forma de los árboles en plantaciones forestales establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.	110
Cuadro 7.18 - Porcentaje de árboles de <i>Cedrela odorata</i> y <i>Swietenia macrophylla</i> atacados por <i>Hypsipyla grandella</i> en sistemas puros y mixtos de plantación.....	111
Cuadro 7.19 - Diferencias estadísticas entre los productores que han reforestado en el Cantón de Sarapiquí, Costa Rica (n=42) y los que han reforestado en la Departamento de Carazo, Nicaragua (n=70).....	112
Cuadro 7.20 - Características de los grupos de productores definidos en el análisis multivariado.	114
Cuadro 7.21 - Diferencias estadísticas entre los grupos de productores definidos en el análisis multivariado.	114

Lista de Figuras

Pág.

Figura 3.1 – Área total y número de plantaciones, para las especies más utilizadas por productores asociados a FUNDECOR y CACSA, establecidas entre el año de 1990 y 1995 en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. CA, <i>Cordia alliodora</i> ; CB, <i>Calophyllum brasiliense</i> ; DP, <i>Dipteryx panamensis</i> ; GA, <i>Gmelina arborea</i> ; HA, <i>Hieronyma alchorneoides</i> ; TA, <i>Terminalia amazonia</i> ; TG, <i>Tectona grandis</i> ; VG, <i>Vochysia guatemalensis</i> ; VK, <i>Virola koschnyi</i>	21
Figura 3.2 – Frecuencia de los diferentes espaciamientos en la muestra, por especie.	24
Figura 3.3 – Variancia versus IMADAP y IMAALT para las 9 especies más utilizadas por pequeños productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. CA, <i>Cordia alliodora</i> ; CB, <i>Calophyllum brasiliense</i> ; DP, <i>Dipteryx panamensis</i> ; GA, <i>Gmelina arborea</i> ; HA, <i>Hieronyma alchorneoides</i> ; TA, <i>Terminalia amazonia</i> ; TG, <i>Tectona grandis</i> ; VG, <i>Vochysia guatemalensis</i> ; VK, <i>Virola koschnyi</i>	30
Figura 5.1 - DAP y Altura Total de todas las especies utilizadas en las plantaciones 1 y 2 en parcelas puras y mixtas.....	60
Figura 5.2 - Porcentaje aportada por cada especie en el área basal total de las parcelas mixtas de la Plantación 2, a los 68 meses de edad.	68
Figura 5.3 - Porcentaje aportada por cada especie en el área basal total de las parcelas mixtas de la Plantación 1, a los 68 meses de edad.	69
Figura 6.1 – Altura total de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad. AG, <i>Astronium graveolens</i> ; BA, <i>Brosimum alicastrum</i> ; CA, <i>Cordia alliodora</i> ; CO, <i>Cedrela odorata</i> ; DP, <i>Dipteryx panamensis</i> ; DR, <i>Dalbergia retusa</i> ; HA, <i>Hieronyma alchorneoides</i> ; PP, <i>Platymiscium pinnatum</i> ; SM, <i>Swietenia macrophylla</i> ; SS, <i>Samanea saman</i> ; TO, <i>Terminalia oblonga</i> ; VL, <i>Vatairea lundelli</i>	77
Figura 6.2 – Diámetro a la altura del pecho (DAP) de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad. AG, <i>Astronium graveolens</i> ; BA, <i>Brosimum alicastrum</i> ; CA, <i>Cordia alliodora</i> ; CO, <i>Cedrela odorata</i> ; DP, <i>Dipteryx panamensis</i> ; DR, <i>Dalbergia retusa</i> ; HA, <i>Hieronyma alchorneoides</i> ; PP, <i>Platymiscium pinnatum</i> ; SM, <i>Swietenia macrophylla</i> ; SS, <i>Samanea saman</i> ; TO, <i>Terminalia oblonga</i> ; VL, <i>Vatairea lundelli</i>	78

- Figura 6.3 – Supervivencia de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad. AG, *Astronium graveolens*; BA, *Brosimum alicastrum*; CA, *Cordia alliodora*; CO, *Cedrela odorata*; DP, *Dipteryx panamensis*; DR, *Dalbergia retusa*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; PP, *Platymiscium pinnatum*; SM, *Swietenia macrophylla*; SS, *Samanea saman*; TO, *Terminalia oblonga*; VL, *Vatairea lundelli*.79
- Figura 7.1 - Promedio de la calificación dada por el productor para el crecimiento de las especies más utilizadas en la reforestación en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica (1=malo; 2=regular; 3=bueno; 4=excelente). CA, *Cordia alliodora*; CB, *Calophyllum brasiliense*; DP, *Dipteryx panamensis*; GA, *Gmelina arborea*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; SM, *Stryphnodendron microstachyum*; TA, *Terminalia amazonia*; TG, *Tectona grandis*; VG, *Vochysia guatemalensis*; VK, *Virola koschnyi*95
- Figura 7.2 - Promedio de la calificación dada por el productor para el crecimiento de las especies más utilizadas en la reforestación en el Departamento de Carazo, Nicaragua (1=malo; 2=regular; 3=bueno; 4=excelente). AI, *Azadirachta indica*; BQ, *Bombacopsis quinata*; CA, *Cordia alliodora*; CE, *Caesalpinia eriostachys*; CO, *Cedrela odorata*; EU, *Eucalyptus spp.*; GS, *Gliricidia sepium*; LL, *Leucaena leucocephala*; SM, *Swietenia macrophylla*; SS, *Samanea saman*; TG, *Tectona grandis*; TR, *Tabebuia rosea*.105

PIOTTO, D. 2001. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: comportamiento de las especies y preferencias de los productores. Tesis M. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 130 p.

Palabras claves: Costa Rica, Nicaragua, plantaciones forestales, especies nativas, plantaciones mixtas, manejo forestal, productores, preferencias.

Resumen

Muchas de las especies utilizadas en esta investigación representan actualmente la mayoría de las especies más usadas en los programas de reforestación en pequeñas y medianas fincas del trópico húmedo de Costa Rica y trópico seco de Nicaragua.

Fueron estudiadas plantaciones comerciales en 112 fincas de productores forestales, en el Cantón de Sarapiquí, Costa Rica y Departamento de Carazo, Nicaragua. En todas las fincas fue realizado un inventario de las plantaciones forestales. Las variables evaluadas fueron sobrevivencia, dap, altura total, forma y sanidad de los árboles. La recolección de la información referente a los productores se realizó mediante la aplicación de encuesta con preguntas dirigidas a los aspectos socioeconómicos y silviculturales. Además, se evaluaron tres ensayos de adaptabilidad de especies en plantaciones puras y mixtas establecidos en Costa Rica, ubicados en La Estación Biológica La Selva, Sarapiquí; Hacienda Garza, Nicoya; y Hacienda Santa Cecilia, La Cruz.

Se presentan resultados respecto al comportamiento de plantaciones forestales comerciales y experimentales y sobre las preferencias de los productores que han adoptado los incentivos a la reforestación.

Las especies que tuvieron el mejor comportamiento en plantaciones comerciales fueron *Gmelina arborea*, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia* y *Tectona grandis* en el Cantón de Sarapiquí y *Pseudosamanea guachapele*, *Tectona grandis*, *Caesalpinia eriostachys*, *Samanea saman*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata* en el Departamento de Carazo.

Las especies que mostraron el mejor crecimiento en plantaciones experimentales fueron *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *Vochysia ferruginea*, *Virola koschnyi* y *Jacaranda copaia* en La Estación Biológica La Selva, *Tectona grandis*, *Schizolobium parahyba*, *Samanea saman*, *Pseudosamanea guachapele*, *Dalbergia retusa* y *Swietenia macrophylla* en la Hacienda Garza

y *Cordia alliodora*, *Hieronyma alchorneoides*, *Swietenia macrophylla* y *Astronium graveolens* en la Hacienda Santa Cecilia.

Las especies de rápido crecimiento se comportaron mejor en plantaciones mixtas. Las plantaciones mixtas con especies de rápido y lento crecimiento incrementaron el volumen total del rodal, con la ventaja adicional de incluir diferentes especies de alto valor comercial.

La mayoría de los productores plantaron especies nativas y manifestaron su preferencia en seguir reforestando con tales especies. Los productores estaban dispuestos a continuar reforestando, pues tenían buenas expectativas económicas y ambientales de la plantación forestal. La implementación de programas de incentivos para la reforestación fueron claves para fomentar la participación de pequeños y medianos productores en el sector forestal.

PIOTTO, D. 2001. Forest plantations in Costa Rica and Nicaragua: species performance and farmers' preferences. M. Sc. Thesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 130 p.

Keywords: Costa Rica, Nicaragua, forest plantations, native species, mixed plantations, forest management, farmers, preferences.

Summary

Many species used in this research represent the majority of the species used in reforestation programs in small and medium sized farms in the wet and dry tropics of Costa Rica and Nicaragua.

Commercial plantations were studied in 42 farms in Sarapiquí, Costa Rica and 70 farms in Carazo, Nicaragua. Forest plantations inventory was carried out in all farms. Survival, diameter at breast height (dbh), total height, form and tree health were evaluated. Information from farmers was collected through interviews oriented to silvicultural and socioeconomic aspects related to the establishment and management of forest plantations.

Three experimental plantations in pure and mixed designs were evaluated in Costa Rica. These plantations were located in: La Selva Biological Station, Sarapiquí; Garza farm, Nicoya; and Santa Cecilia farm, La Cruz.

The results included the performance of the commercial and experimental forest plantations and farmers' characteristics and preferences.

Gmelina arborea, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia* and *Tectona grandis* showed the best growth in commercial plantations in Sarapiquí. *Pseudosamanea guachapele*, *Tectona grandis*, *Caesalpinia eriostachys*, *Samanea saman*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* and *Cedrela odorata* had the best performance in Carazo.

The highest growth in experimental plantations was shown by *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *Vochysia ferruginea*, *Virola koschnyi* and *Jacaranda copaia* in La Selva Biological Station; *Tectona grandis*, *Schizolobium parahyba*, *Samanea saman*, *Pseudosamanea guachapele*, *Dalbergia retusa* and *Swietenia macrophylla* in Nicoya; and *Cordia alliodora*, *Hieronyma alchorneoides*, *Swietenia macrophylla* and *Astronium graveolens* in La Cruz.

Fast growing species had best performance in mixed plantations. Mixed plantations increased the total volume when fast and slow growing species were combined.

// The majority of farmers have planted native species. They were willing to continue reforestation. Implementation of incentive programs to reforestation was crucial to promote small and medium farmers participation in the forest sector. //

PIOTTO, D. 2001. Plantações florestais em Costa Rica e Nicaragua: comportamento das espécies e preferências dos produtores. Tese M. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 130 p.

Palavras-chave: Costa Rica, Nicaragua, plantações florestais, espécies nativas, plantações mistas, manejo florestal, produtores, preferências.

Resumo

Muitas das espécies utilizadas no presente estudo representam atualmente a maioria das espécies adotadas nos programas de reflorestamento de pequenas e médias propriedades no trópico húmido de Costa Rica e trópico seco de Nicaragua.

Foram estudadas plantações comerciais em 112 propriedades rurais no Cantón de Sarapiquí, Costa Rica e Departamento de Carazo, Nicaragua. Foi realizado um inventário das plantações florestais em todas as propriedades. As variáveis avaliadas foram sobrevivência, Dap, altura total, forma e sanidade das árvores. A coleta de informação referente aos produtores foi realizada mediante aplicação de entrevista com perguntas dirigidas aos aspectos socioeconômicos e silviculturais, para obter informação sobre as razões socioeconômicas que prevaleceram no estabelecimento e manejo das plantações florestais, sobre o grau de conhecimento e sobre as preferências dos produtores selecionados. Também foram avaliados três ensaios de seleção de espécies em plantações puras e mistas estabelecidos em Costa Rica, localizados na Estação Biológica La Selva, Sarapiquí; Fazenda Garza, Nicoya; e Fazenda Santa Cecília, La Cruz. As variáveis avaliadas foram sobrevivência, diâmetro à altura do peito (Dap) e altura total.

São apresentados resultados referentes ao comportamento de plantações florestais experimentais e comerciais e sobre as preferências dos produtores que adotaram os incentivos ao reflorestamento.

As espécies que tiveram o melhor comportamento em plantações comerciais, de acordo ao incremento médio anual para diâmetro e altura, em ordem de importância foram *Gmelina arborea*, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia* e *Tectona grandis* no Cantón de Sarapiquí e *Pseudosamanea guachapele*, *Tectona grandis*, *Caesalpinia eriostachys*, *Samanea saman*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* e *Cedrela odorata* no Departamento de Carazo.

As espécies que mostraram o melhor crescimento em plantações experimentais, em ordem de importância foram *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *Vochysia ferruginea*, *Virola koschnyi* e *Jacaranda copaia* na Estación Biológica La Selva, *Tectona grandis*, *Schizolobium parahyba*, *Samanea saman*, *Pseudosamanea guachapele*, *Dalbergia retusa* e *Swietenia macrophylla* na Fazenda Garza e *Cordia alliodora*, *Hieronyma alchorneoides*, *Swietenia macrophylla* e *Astronium graveolens* na Fazenda Santa Cecília.

As espécies de rápido crescimento comportaram-se melhor em plantações mistas. As plantações mistas com espécies de rápido e lento crescimento incrementam o volume total da plantação, com a vantagem adicional de incluir diferentes espécies de alto valor comercial.

A maioria dos produtores plantaram espécies nativas e manifestaram a preferência de seguir reflorestando com tais espécies. Os produtores estavam dispostos a continuar reflorestando, pois tinham boas expectativas econômicas e ambientais das plantações florestais. A implementação de programas de incentivos para reflorestamentos foram cruciais para fomentar a participação de pequenos e médios proprietários no setor florestal.

1. Introducción

La creciente tasa de deforestación en los países tropicales y la consecuente disminución de la oferta de productos forestales ha promocionado el establecimiento de políticas gubernamentales que incentivan el establecimiento de plantaciones forestales, integrando los árboles a los demás sistemas de producción de la finca (Chambers y Leach 1990).

Las plantaciones forestales tropicales pueden cumplir un conjunto de servicios incluyendo el suministro de productos de madera, acumulación del carbono, protección del suelo y aceleración de la regeneración natural (Parrotta 1992, Guariguata *et al.* 1995, Lamb 1998, Montagnini y Porras 1998). Con sus rendimientos relativamente altos, las plantaciones tropicales y subtropicales tienen el potencial para hacer contribuciones sustanciales a la producción de madera en el mundo (Evans 1987, Evans 1992, Wadsworth 1997).

Varios ensayos realizados en la última década han identificado las especies de árboles más prometedoras para la reforestación en regiones del trópico Centroamericano (Butterfield 1990, González y Fisher 1994, Nichols 1994, Montagnini *et al.* 1995, Ugalde 1997a-1997b, Haggard *et al.* 1998).

Plantar estas especies se convirtió en una alternativa atractiva para los productores y empresarios que han utilizado los incentivos a la reforestación en Costa Rica y Nicaragua, y que establecieron plantaciones puras y mixtas que incluyen algunos de los árboles nativos y exóticos con más rápido crecimiento y con alto valor de madera (Montagnini y Mendelsohn 1997).

Sin embargo, las experiencias no son completas en lo que se refiere a las prácticas silviculturales relacionadas al potencial de las especies tropicales. Para muchas de las especies que se vienen utilizando todavía no se han generado técnicas de manejo apropiadas para que el productor pueda aumentar el rendimiento y la calidad de la madera producida. Los productores aún necesitan de mayor información sobre las especies, sistemas de producción y prácticas de manejo en las plantaciones forestales, con el fin de lograr un mayor desarrollo de la actividad hacia una escala comercial. Por otra parte, existe la necesidad de los técnicos en saber qué aceptación han tenido las plantaciones entre los productores y cuáles factores sociales y económicos están incidiendo en la actividad forestal (Schelhas *et al.* 1997).

Estudios anteriores se han concentrado solamente en aspectos silviculturales o en aspectos socioeconómicos. Partiendo de un enfoque de sustentabilidad la presente investigación buscó la integración de la dimensión ambiental y socioeconómica.

Muchas de las especies utilizadas en el presente estudio representan actualmente la mayoría de las especies utilizadas en los programas de reforestación en pequeñas y medianas fincas del trópico húmedo de Costa Rica y trópico seco de Nicaragua. Con la finalidad de abarcar situaciones artificiales y controladas y la situación real en el campo (Kleinn y Pérez 2000) fueron escogidas zonas donde existían plantaciones forestales comerciales y experimentales con edades y especies semejantes.

Como objetivo de la investigación se buscó contribuir al conocimiento de los factores socioeconómicos y las preferencias de productores por el sistema de producción y especies a utilizar en la reforestación, identificar las especies nativas y exóticas más promisorias y los sistemas de plantación (puro y mixto) más productivos, aunque no se comparó el comportamiento de las especies entre los diferentes sitios de estudio.

Las hipótesis básicas planteadas fueron las siguientes: plantaciones forestales de especies nativas crecen más rápido que plantaciones de especies exóticas; especies nativas crecen más rápido en plantaciones mixtas que en puras; y productores que han adoptado incentivos a la reforestación prefieren utilizar especies nativas. Para cada sitio también habían hipótesis y objetivos más específicos.

Los resultados de este trabajo están orientados a identificar características y preferencias de los productores que promueven la reforestación, comparar el crecimiento de plantaciones puras y mixtas y identificar las especies más promisorias para cada zona de estudio en Costa Rica y Nicaragua.

Se espera que los resultados ayuden en la planificación del establecimiento y manejo de plantaciones forestales y puedan hacerlas económicamente más atractivas para productores, empresarios y asociaciones locales.

1.1. Literatura citada

- Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volume 2. Montreal, Canada. p 3-14.
- Chambers, R; Leach, M. 1990. Trees as savings and security for the rural poor. *Unasylva* 41: 39-52.
- Evans, J. 1987. Site and species selection - Changing perspectives. *Forest Ecology and Management* 21: 299-310.
- Evans, J. 1992. *Plantation forestry in the tropics*. Clarendon Press, Oxford. Segunda edición. 403 p.
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106: 195-203.
- Kleinn, C; Pérez, J. 2000. Consideraciones metodológicas en la experimentación científica agrícola. Sub-
Unidad de Estadística, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- Lamb, D. 1998. Large scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6(3): 271-279.
- Montagnini, F; González, E; Rheingans, R; Porras, C. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Montagnini, F; Mendelsohn, R. 1997. Managing forest fallows: improving the economics of swidden agriculture. *Ambio* 26(2): 118-123.
- Montagnini, F; Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics. *Environmental Management* 22(3): 459-470.
- Nichols, D. 1994. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell.: development of native species for reforestation and agroforestry. *Commonwealth Forestry Review* 73(1): 9-13.

- Parrotta, JA. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 115-133.
- Schelhas, J; Jantzi, T; Kleppner, C; O'Connor, K; Thacher, T. 1997. Costa Rica: meeting farmers needs through forest stewardship. *Journal of Forestry* 95(2): 33-38.
- Ugalde, L. ed. 1997a. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 175 p. (Serie Técnica. Informe técnico n. 292)
- Ugalde, L. ed. 1997b. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 162 p. (Serie Técnica. Informe técnico n. 290)
- Wadsworth, FH. 1997. Forest Production for Tropical America. United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.

2. Revisión de literatura

2.1. El papel de las plantaciones forestales

La disponibilidad creciente de tierras degradadas abandonadas por la agricultura y ganadería ha sido un importante argumento a favor del establecimiento de plantaciones forestales en los trópicos (Lowe 1984, Evans 1992, Wadsworth 1997).

La agricultura persiste en los mejores sitios, dejando los terrenos marginales para la reforestación y regeneración natural. La utilización de especies exóticas han tenido un particular valor en el establecimiento de plantaciones en sitios bastante degradados donde ha sido difícil o imposible el reestablecimiento de especies nativas (Keenan *et al.* 1999) y desde los últimos 40 años las plantaciones forestales tropicales se han concentrado en un pequeño número de especies exóticas de rápido crecimiento (Evans 1987a).

La escogencia de la especies exóticas predominan tanto en plantaciones comerciales como en plantaciones de proyectos de desarrollo rural (Evans 1987b, Hughes 1994). La preferencia a estas especies está relacionada a un conjunto de facilidades, tales como, tolerancia a un gran rango de limitaciones de agua y nutrientes, semillas pequeñas y ortodoxas que pueden ser fácilmente transportadas y almacenadas, pueden ser propagadas por una gran variedad de métodos y son utilizadas para muchos productos (Keenan *et al.* 1999).

La utilización de plantaciones forestales para contener la sobreexplotación de los bosques naturales es ampliamente defendida por diversos autores (Sayer *et al.* 1997, Kanowski y Savill 1992). En 1981 la FAO justificó la necesidad de reforestar por el gran déficit de leña y madera para aserrío en los trópicos. La disponibilidad de tierras y la creciente demanda por productos derivados de la madera (Evans 1992) han promocionado el establecimiento de plantaciones forestales, por parte de productores y empresarios, debido principalmente al alto potencial productivo.

El mayor potencial de las plantaciones sobre los bosques naturales se debe principalmente a su mayor productividad de madera comercial (Wadsworth 1997). La superioridad aumenta en sitios donde la regeneración natural es pobre y la productividad de especies nativas de utilidad es limitada.

Las plantaciones pueden crecer en forma más rápida que los bosques naturales y producir una mayor cantidad de madera utilizable. En todo el trópico diversos autores reportan el mejor crecimiento de los árboles plantados en comparación con los árboles en los bosques nativos (Navarro de Andrade 1941, Laurie 1962, Dawkins 1967).

Sin embargo, el potencial de las plantaciones depende de la sostenibilidad de la actividad a largo plazo ya que en muchos casos representa una actividad de uso de la tierra más intensiva en comparación con la practicada anteriormente (Evans 1999). La alta productividad y los cortos ciclos de corta sugieren la posibilidad de una sobreexplotación del sitio y disminución del crecimiento después de repetidas cosechas, aunque no se compara con las demandas de nutrientes del suelo de cualquier cultivo agrícola (Evans 1999).

Además de la elevada productividad, recientemente muchos autores han dado énfasis a los beneficios ambientales asociados al establecimiento de plantaciones forestales (Guariguata *et al.* 1995, Knowles y Parrotta 1995, Montagnini *et al.* 1995, Parrotta *et al.* 1997, Lamb 1998, Harrington 1999). Para esos objetivos se ha fomentado la utilización de especies nativas que incrementan el valor de conservación de la plantación, ya que son más adecuadas para ser utilizadas como hábitat para la vida silvestre, y también por tener un alto valor comercial y social para la comunidad local, así que utilizando esas especies se pueden hacer proyectos de reforestación más aceptables socialmente (Keenan *et al.* 1999).

2.2. Consideraciones relativas al productor forestal

Para el mejor entendimiento de los factores socioeconómicos y silviculturales que influyen en la motivación del productor en establecer una plantación forestal, es importante conocer las características del productor, su ambiente y la forma en que manipula los recursos dentro de su finca (Díaz 1995).

La finca es un conjunto de componentes que funcionan como unidad de producción dentro del sector agrícola de una región. Normalmente la finca es manejada por una familia, aunque existen casos donde empresas u organizaciones administran la producción.

La familia es una unidad social y la finca una unidad económica ó productiva, por lo tanto, la unión entre ambas constituye un sistema socioeconómico. Las actividades en las fincas están influenciadas por factores exógenos, tales como, mercado de productos, servicios públicos, infraestructura vial, etc, y factores endógenos, tales como topografía, disponibilidad de agua, fertilidad de los suelos, mano de obra, etc, los cuales afectan su producción (Díaz 1995).

En ese contexto, el agricultor toma la decisión de ejecutar una actividad en su finca, pensando en la misma, no como una actividad aislada, sino más bien en los recursos que le provee, tratando de integrarla al sistema. Por esa razón, la finca se convierte en el mayor punto de decisión de las actividades de desarrollo agrícola de una región (Ruthenberg 1980).

Los productores promueven la reforestación y la conservación de los recursos forestales por diversos motivos. La principal razón para la conservación de los remanentes forestales y los bosques de galería es la protección de cuencas hidrográficas (Schelhas *et al.* 1997). Muchos productores creen que el mantenimiento de los bosques puede garantizar el suplemento de agua y controlar procesos erosivos.

Los fragmentos forestales también son importantes para la subsistencia de los productores, ya que pueden proveer muchos productos, tales como madera para construcción, leña, frutos, recreación, entre otros. Raramente los productores venden la madera de su bosque, normalmente por la escasez de especies de alto valor y por los bajos precios ofrecidos en los mercados locales (Schelhas 1996).

Finqueros originarios de áreas con altos niveles de degradación expresan mayor interés en la conservación de bosques que productores de otras zonas, indicando que la conservación está motivada en parte por la experiencia con la degradación ambiental (Schelhas *et al.* 1997).

Cuando la principal actividad económica de la finca es la ganadería que provee bajos ingresos, una menor proporción de la finca es dedicada a los bosques (Schelhas 1994). Sin embargo, con la disminución de los precios de los productos de la ganadería y la productividad de las pasturas, muchos productores con pasturas degradadas o subutilizadas han convertido el uso de la tierra hacia actividades más rentables, y algunos han optado reforestar las pasturas aprovechando los programas de incentivo promovidos por el estado (Martínez *et al.* 1994).

Aunque los programas de incentivos a la reforestación fueron orientados hacia la producción de madera de aserrío, muchos productores han reforestado buscando otros beneficios, tales como la conservación de suelos y agua, aumentar el valor de la finca, belleza escénica y también por el dinero recibido de los incentivos (Díaz 1995, Thacher *et al.* 1997, Korhonen 2000).

Algunos productores aprovechan eventualmente la madera de las plantaciones para usos domésticos y siempre miran la plantación como una fuente de dinero para las futuras generaciones, pero pocos hacen inversiones en el mantenimiento de la plantación, que podría garantizar productos de mejor calidad (Haggard *et al.* 1998).

Las tierras dedicadas a la reforestación normalmente tienen un bajo potencial para la práctica de la agricultura. De hecho, los incentivos fueron una política que buscó dar una alternativa económica a largo plazo a los productores que poseen tierras que no sirven para la agricultura (Martínez *et al.* 1994).

2.3. Selección de especies para producción de madera de aserrío

El proceso de seleccionar especies de árboles para establecer plantaciones tropicales siempre ha sido una preocupación de los profesionales forestales (Webb *et al.* 1984).

La selección de una especie para un sitio específico o un dado propósito depende de la disponibilidad de información sobre cada alternativa. Parte de esa información es tan específica o tan sujeta al cambio o a variables primarias regionales, que cualquier generalización no puede ser más que una guía preliminar (Wadsworth 1997).

Muchos fracasos en la selección de especies han convencido a la mayoría de los forestales de que no debían emprender grandes plantaciones en los trópicos, sin antes hacer pruebas de especies (Lamb 1969). La selección errónea de especies continúa provocando muchos fracasos en las plantaciones en los trópicos porque muchas veces no se llevan en cuenta el clima, patrones del suelo y toda la degradación del sitio causada por las prácticas previas de cultivo, pastoreo o incendios (Wadsworth 1997).

La mayoría de las investigaciones en selección de especies apropiadas para la reforestación han sido orientadas para propósitos industriales (Evans 1987a). Cualquiera que sea la causa de la alta productividad, este ha sido el criterio principal para la selección de especies para plantaciones, y a menudo la selección se hace con base en el comportamiento inicial de los árboles, que todavía no han ocupado el espacio total disponible (Wadsworth 1997).

En la selección de sitios y especies para producir un tipo especial de madera, es necesario saber algo sobre el clima y asociación de plantas en el sitio original, para poder buscar sitios similares. Si parece apropiado experimentar especies exóticas, se debe considerar primero la introducción de especies de climas parecidos. Las áreas del mundo que tienen climas similares ofrecen condiciones apropiadas para el crecimiento de sus árboles respectivos, y sistemas de predicción bioclimática pueden apoyar en la selección de especies y sitios (Booth 1985).

En el trópico la temperatura no es un factor determinante en la escogencia de especies, salvo en regiones montañosas, donde la altitud es la variable más utilizada. La precipitación anual total y principalmente la distribución de las lluvias durante el año son los factores climáticos más relevantes (Evans 1987a).

La tolerancia al sitio es otro factor clave en la determinación de las especies más apropiadas. Requisitos de iluminación, textura y fertilidad del suelo, drenaje y salinidad son características por considerar (Webb *et al.* 1984). Otros aspectos importantes son la profundidad del suelo, pedregosidad y profundidad del manto freático (Evans 1997a).

Informaciones referentes al árbol, tales como descripción botánica, tamaño, forma, fuentes de semilla, fenología reproductiva, peso y almacenamiento de la semilla, tasa de germinación, manejo de la especie en vivero, utilidad de la madera, otros productos y valor de conservación, son igualmente importantes y actualmente en América Latina existe buena información para un gran número de especies (Carpio 1992, Salazar 2000, Salazar 2001).

Los productos de madera, tales como madera de aserrío y contrachapados, sólo se pueden obtener de árboles con ciertas dimensiones mínimas. A medida que el crecimiento de los árboles sobrepasa esas dimensiones, su rendimiento y valor aumentan, pues árboles grandes presentan superior calidad de madera (Wadsworth 1997). Por lo tanto, las metas de producción de madera

de aserrijo, el plazo de las rotaciones y de las prácticas silviculturales se centran en el diámetro del árbol.

Las consideraciones respecto al manejo y comportamiento de la especie en plantación, tales como efectos del espaciamiento, necesidad de poda, cuándo ralear, cuántos y cuales árboles dejar, efectos del raleo en la madera y en el rendimiento, son determinantes para maximizar la productividad en cortas rotaciones (Evans 1992). Sin embargo, en los trópicos existe poca información para la mayoría de las especies, con excepción de las especies exóticas más ampliamente utilizadas.

La susceptibilidad al daño por agentes físicos y otros factores bióticos también merece buena atención. Los árboles que crecen fuera de su hábitat natural podrían librarse de las plagas que atacan en su ambiente nativo, pero se tornan susceptibles a nuevas plagas. Medidas silviculturales que incluyen el control mediante el espaciamiento de los árboles y el uso de plantaciones mixtas pueden ser efectivos en el control de plagas y enfermedades (Chapman y Allan 1978), a parte de los métodos tradicionales de control químico, mecánico y biológico.

La variación genética de una especie puede afectar la productividad tanto como la variación entre especies. Idealmente en la selección de especies se debe comparar todas las variantes para cada especie. Debido a que generalmente todas las variables no se conocen al principio, las primeras selecciones son tentativas (Wadsworth 1997). La manipulación genética puede mejorar las características de cualquier especie, y ese potencial no se debe pasar por alto durante la selección inicial de las especies. El uso de semillas a partir de fuentes selectas y mejoradas puede aumentar las tasas de crecimiento, aún más que las técnicas silviculturales (Donald 1979).

La capacidad de utilizar muchas especies nativas en programas de reforestación ha sido limitada por dificultades en la colecta, almacenamiento y germinación de semillas, plagas y enfermedades o problemas silviculturales (Keenan *et al.* 1999). Sin embargo, al efectuar un cambio a favor de especies exóticas se deben tomar algunas precauciones. Zobel (1978) advierte que es un error pensar que porque la madera de las especies nativas es buena, también lo será si crece en un hábitat distinto.

En el año de 1980 fue estimado que un 86% de las plantaciones comerciales establecidas en los trópicos eran compuestas por solamente tres géneros, *Eucalyptus* (38%), *Pinus* (34%) y *Tectona* (14%), las demás especies representaban solamente un 14% del área total reforestada en todo el trópico (Evans 1992).

Sin embargo, en los últimos años ha habido un cambio de perspectivas en la selección de especies (Evans 1987a) y hasta para plantaciones industriales ya existen muchos ejemplos de especies nativas que han tenido éxito (Kanowski y Savill 1992).

En los últimos tiempos ha sido discutido que muchas especies de valor no han sido consideradas en proyectos de reforestación y que el potencial de crecimiento de muchas especies tropicales todavía son desconocidos (Hughes 1994).

La escasez de información sobre especies nativas siempre ha favorecido el uso continuado de especies exóticas en la reforestación, por ser más bien conocidas (Butterfield y Fisher 1994). Sin embargo, nuevas especies con potencial para producción de madera de aserrijo continúan siendo descubiertas y figuran como una buena alternativa para los productores (Butterfield 1990, Butterfield y Fisher 1994, Butterfield y Espinoza 1995, González y Fisher 1994, Nichols 1994, Montagnini *et al.* 1995, Arguedas y Chaverri 1997, Haggard *et al.* 1998).

2.4. Composición de la plantación

La composición de especies de una plantación es la clave principal de su éxito o fracaso, en términos de productividad, rendimiento y rentabilidad (Wadsworth 1997).

Las plantaciones monoespecíficas siempre predominaron en el trópico al nivel mundial (Evans 1999). La búsqueda de plantaciones más uniformes ha promovido el establecimiento de plantaciones puras de árboles madereros, pero desde tiempo se debate sobre las ventajas y desventajas de los cultivos puros.

Actualmente la situación es tal, que el término monocultivo ha adquirido una connotación negativa (Ball *et al.* 1995). Los factores que han promovido esa mala imagen de los cultivos puros están relacionados con el riesgo de una reducción de la productividad y deterioro de la calidad del sitio después de repetidas rotaciones (Ball *et al.* 1995, Evans 1999). Otras

factores contrarios a los monocultivos son mencionados por Boyce (1954), tales como, la amenaza de que se produzca una demanda excesiva por ciertos nutrientes del suelo, ambiente propicio para la cría de plagas y enfermedades, protección dudosa del suelo y poca o ninguna variedad de alimentos para la fauna.

En apoyo de las plantaciones puras, no existe ningún indicio de que desde el punto de vista de producción comercial en gran escala, se deban cultivar mezclas de especies. Un problema casi universal con las plantaciones mixtas es su difícil mantenimiento, debido a diferencias en las tasas de crecimiento que resulta en que una especie se vuelva dominante, mientras que otras se van quedando suprimidas (Wadsworth 1997). Aparte de eso, la variación de los precios de la madera y la falta de mercados para maderas menos conocidas también pueden ser un importante desincentivo para el establecimiento de plantaciones mixtas (Ball *et al.* 1995).

Sin embargo, cuando el objetivo es la producción de madera y otros bienes y servicios, la utilización de plantaciones mixtas parece ser más adecuada, principalmente en proyectos de desarrollo rural (Keenan *et al.* 1999, Evans 1999).

Las ventajas de las plantaciones mixtas sobre las puras incluyen una mayor productividad, ya que las mezclas pueden producir más biomasa por unidad de área porque la competencia entre individuos es reducida y el sitio es utilizado integralmente (Montagnini *et al.* 1995). Las raíces de diferentes especies ocupan diferentes estratos del suelo (Lamb y Lawrence 1993) y más energía solar puede ser capturada porque diferentes especies tienen diferentes requerimientos lumínicos y por tener copas ampliamente distribuidas en el plano vertical (Guariguata *et al.* 1995).

Las plantaciones forestales mixtas pueden reducir el ataque de plagas y enfermedades, por ejemplo plantando árboles de la familia Meliaceae junto a otra especie o bajo un dosel protector, se puede reducir la incidencia y severidad del ataque de *Hypsipyla grandella* (Ball *et al.* 1995, Keenan *et al.* 1999).

Muchas plantaciones puras con especies exóticas han sido relativamente libre del ataque de plagas y enfermedades, ya plantaciones puras con especies nativas tienden a presentar

mayores problemas, y para esas especies resulta menor el riesgo cuando plantadas en cultivos mixtos.

Para las especies nativas el sistema de plantaciones mixtas parece ser el más adecuado para atender una mayor amplitud de opciones, tales como producción, protección del sitio, conservación de la biodiversidad, y para la restauración de áreas degradadas (Montagnini *et al.* 1995, Keenan *et al.* 1995, Guariguata *et al.* 1995, Parrota y Knowles 1999).

El éxito del establecimiento de plantaciones forestales mixtas depende del diseño de la plantación y de una apropiada definición de las especies, considerando aspectos ecológicos y silviculturales (Wormald 1992). Identificar la mezcla apropiada requiere un buen entendimiento de la ecología de las especies y del comportamiento en condiciones puras y mixtas en diferentes condiciones de sitio y en largos períodos (Kelty 1992). Sin embargo, todavía hay relativamente pocos experimentos que pueden fundamentar la escogencia de un grupo de especies para un sitio específico.

2.5. Literatura citada

- Arguedas, M; Chaverri, P. 1997. Nuevo reporte en siete especies forestales nativas en Costa Rica. III Congreso Forestal Nacional, del 27 al 29 de agosto de 1997. San José, Costa Rica.
- Ball, JB; Wormald, TJ; Russo, L. 1995. Experience with mixed and single species plantations. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 310-305.
- Booth, TH. 1985. A new method for assisting species selection. *Commonwealth Forestry Review* 64(3): 241-250
- Boyce, JS. 1954. Forest plantation protection against diseases and insect pests. *Forestry Development Paper* 3. FAO, Roma. 41 p.
- Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. *Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volume 2. Montreal, Canada.* p 3-14.
- Butterfield, R; Fisher, R. 1994. Untapped potential: native species for reforestation. *Journal of Forestry.* 92(6): 37-40.

- Butterfield, R; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests* 9, 135-145.
- Carpio, IM. 1992. *Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 338 p.
- Chapman, GW; Allan, TG. 1978. *Establishment techniques for forest plantations*. Forestry Paper 8. FAO, Roma. 183 p.
- Dawkins, HC. 1967. Wood production in tropical rainforest. *Journal of Applied Ecology* 4(1): 20-21.
- Díaz, YV. 1995. *Socioeconomía y silvicultura del establecimiento de plantaciones forestales en fincas pequeñas del Cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica*. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica, 94 p.
- Donald, DGM. 1979. Nursery and establishment techniques as factors in productivity of man-made forests in South Africa. *South African Forestry Journal*. 109: 19-25.
- Evans, J. 1987a. Site and species selection - Changing perspectives. *Forest Ecology and Management* 21: 299-310.
- Evans, J. 1987b. Overview of tree planting on small farms in the tropics. *En: Withington, D; MacDicken, KG; Sastry, CB; Adams, NR. 1987. Multipurpose tree species for small-farm use*. Winrock International/IDCR, Canada. 282 p.
- Evans, J. 1992. *Plantation forestry in the tropics*. Clarendon Press, Oxford. Segunda edición. 403 p.
- Evans, J. 1999. Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance. *New Forests* 17, 25-36.
- FAO. 1981. *Los recursos forestales de la América Tropical*. Tropical Forest Resources Assessment Project. FAO, Roma. 343 p.
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.

- Guariguata, MR; Rheingans, R; Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: Implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3:252-260.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106: 195-203.
- Harrington, CA. 1999. Forests planted for ecosystem restoration or conservation. *New Forests* 17: 175-190.
- Hughes, C. 1994. Risks of species introductions in tropical forestry. *Commonwealth Forestry Review* 73(4): 243-252.
- Kanowski, PJ; Savill, PS. 1992. Forest plantations: towards sustainable practice. *En: Sargent, C; Bass, S. (eds.) Plantation politics: forest plantations in development. Earthscan Publications, London. p. 121-155.*
- Keenan, RJ; Lamb, D; Sexton, G. 1995. Experience with mixed species rainforest plantations in North Queensland. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 315-321.
- Keenan, RJ; Lamb, D; Parrotta, J; Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9 (1/2): 117-134.
- Kelty, MJ. 1992. Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. *En: Kelty, MJ; Larson, BC; Oliver, CD. (eds.) The ecology and silviculture of mixed-species forests. Kluwer, Dordrecht. p. 125-141.*
- Knowles, OH; Parrotta, JA. 1995. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. *Commonwealth Forestry Review* 74(3): 230-243.
- Korhonen, K. 2000. The silvicultural state of planted forests in Southern Costa Rica as affected by farmers' motivation for reforestation: evaluation of forest incentive programs. Tesis M. Sc., University of Helsinki, Finlandia. 71 p.

- Lamb, AFA. 1969. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. *Commonwealth Forestry Review* 48(1): 41-53.
- Lamb, D; Lawrence, P. 1993. Mixed species plantations using high value rainforest trees in Australia. *En*. Lieth, H; Lohmann, M. (eds.) *Restoration of tropical forest ecosystems*. Kluwer, Holanda. p. 101-108.
- Lamb, D. 1998. Large scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6(3): 271-279.
- Laurie, MV. 1962. The changing face of forestry. *Empire Forestry Review* 41(2): 146-152.
- Lowe, RG. 1984. Forestry and forest conservation in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review* 63(2): 129-136.
- Martínez, HA; Sage, LF; Borge, C; Picado, W. 1994. Evaluación técnica externa del Programa de Desarrollo Forestal. DGF-DECAFOR. Secretaria Técnica de Apoyo. Fondo de Desarrollo Forestal. San José, Costa Rica. 120 p.
- Montagnini, F; González, E; Rheingans, R; Porras, C. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Navarro de Andrade, E. 1941. An alien in Brazil. *American Forests* 47(7): 323-326, 336, 351, 352.
- Nichols, D. 1994. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell.: development of native species for reforestation and agroforestry. *Commonwealth Forestry Review* 73(1): 9-13.
- Parrotta, JA; Turnbull, JW; Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 1-7.
- Parrotta, JA; Knowles, OH. 1999. Restoration of tropical moist forests on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology* 7, 103-116.
- Ruthenberg, O. 1980. *Farming systems in the tropics*. 3rd. ed. Claredon Press. Oxford. 424 p.

- Salazar, R. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Proyecto de Semillas Forestales/Danida Forest Seed Centre. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 204 p. (Serie técnica. Manual técnico n° 41)
- Salazar, R. 2001. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Proyecto de Semillas Forestales/Danida Forest Seed Centre. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 155 p. (Serie técnica. Manual técnico n° 48)
- Sayer, JA; Vanclay, JK; Byron, N. Technologies for sustainable forest management: challenges for the 21st Century. *Commonwealth Forestry Review* 76(3): 162-170.
- Schelhas, J. 1994. Building sustainable land uses on existing practices: smallholder land use mosaics in tropical lowland Costa Rica. *Society and Natural Resources* 7: 67-84.
- Schelhas, J. 1996. Land use choice and forests patches in Costa Rica. *En: Schelhas, J; Greenberg R. (eds.) Forest patches in tropical landscapes.* Island Press, Washington, DC. p. 258-284.
- Schelhas, J; Jantzi, T; Kleppner, C; O'Connor, K; Thacher, T. 1997. Costa Rica: meeting farmers needs through forest stewardship. *Journal of Forestry* 95(2): 33-38.
- Thacher, T; Lee, DR; Schelhas, JW. 1997. Farmer participation in reforestation incentive programs in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 35: 269-289.
- Wadsworth, FH. 1997. *Forest Production for Tropical America.* United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.
- Webb, DB; Wood, PJ; Smith, JP; Sian Henman, G. 1984. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. *Tropical Forestry Papers* n° 15. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, UK. 256 p.
- Wormald, TJ. 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. *FAO* n° 103. 166 p.
- Zobel, B. 1978. Gene conservation as viewed by a forest tree breeder. *Forest Ecology and Management* 1: 339-344.

3. Comportamiento de plantaciones forestales establecidas por pequeños y medianos productores en las llanuras de la vertiente atlántica norte de Costa Rica.

3.1. Introducción

Muchas especies de árboles nativos se usan en la industria forestal en los trópicos al nivel mundial. Sin embargo, el número de especies que se utiliza en la reforestación es reducido, predominando las especies exóticas tanto en plantaciones industriales como en plantaciones para el desarrollo rural (Evans 1999). En regiones del trópico húmedo de América Latina el establecimiento de plantaciones forestales es una alternativa para proporcionar madera, así como servicios ambientales tales como fijación de carbono y recuperación de áreas degradadas.

En Costa Rica, en los últimos 15 años, la disponibilidad de madera proveniente de los bosques naturales ha disminuido, debido a la deforestación y al establecimiento de áreas de protección de bosques (González y Fisher 1994). Esta situación estimuló el establecimiento de plantaciones forestales para producción de madera de aserrío, también por parte de pequeños y medianos productores que tuvieron acceso a créditos o incentivos fiscales (Watson *et al.* 1998).

En las tierras bajas de la vertiente del Atlántico de Costa Rica, hasta el año 1987, el 94% de las plantaciones establecidas estaban representadas solamente por 4 especies forestales (*Cordia alliodora*, *Gmelina arborea*, *Pinus spp.* y *Eucalyptus spp.*) (DGF 1987). En la zona norte del país empezaron los estudios con especies nativas del trópico húmedo, específicamente en la Estación Biológica La Selva de la Organización para Estudios Tropicales (OET), conducidos por Butterfield (1990), Espinoza y Butterfield (1990), entre otros. Estos ensayos han demostrado que especies nativas que nunca habían sido utilizadas en la reforestación presentaban buen crecimiento y buena adaptabilidad en los suelos degradados.

Entre los años 1987 y 1996 el gobierno de Costa Rica promovió la reforestación con incentivos económicos, tales como el Fondo de Desarrollo Forestal (FDF) y el Certificado de Abono Forestal (CAF) (Segura *et al.* 1996, Watson *et al.* 1998).

Productores del Cantón de Sarapiquí de Heredia, asociados al Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí (CACSA), organización compuesta por campesinos, propiciada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) y a la Fundación para el Desarrollo de la

Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) comenzaron a establecer plantaciones forestales. Estas organizaciones locales entre sus diferentes líneas de actuación, tienen como objetivo apoyar a los propietarios en el desarrollo de proyectos de reforestación, desde el establecimiento hasta el manejo y aprovechamiento de las plantaciones, brindando a los productores técnicas accesibles para el crecimiento adecuado de la plantación.

Cuando CACSA y FUNDECOR iniciaron las acciones de reforestación, no existían viveros forestales comerciales en la Zona Atlántica, por lo que se recurrió a la Organización para Estudios Tropicales (OET), cuya área experimental se encuentra en Sarapiquí, y que había investigado más de 70 especies nativas y podía recomendar las mejores para reforestar. De esta manera, se pasó de la fase de investigación a la fase productiva (FUNDECOR 2001).

Con algunas de las especies seleccionadas por su buen comportamiento en el campo y su rápido crecimiento (Cuadro 3.1) se inició el trabajo de producción de plántulas en viveros establecidos por productores de la zona y hasta el año 2000 se habían plantado 2400 ha aproximadamente.

Cuadro 3.1 – Especies forestales más utilizadas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Costa Rica, familia y distribución natural.

Especie	Familia	Distribución natural
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Clusiaceae	México a norte de Sur América
<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm.	Vochysiaceae	México a Peru
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	México a Brasil
<i>Virola koschnyi</i> Warb.	Myristicaceae	América Central
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón) Cham.	Boraginaceae	México a Sur América
<i>Terminalia amazonia</i> (J. Gmel) Exell.	Combretaceae	Sur de México al norte de Sur América
<i>Tectona grandis</i> (L.f.) Lam.	Verbenaceae	Asia, Malasia e Indochina
<i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell	Fabaceae	Nicaragua a Colombia
<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae	Sur de Asia

Fuente: Jiménez & Poveda 1997, Carpi 1992.

La mayoría de los proyectos de reforestación en la Zona Norte de Costa Rica han sido establecidos por pequeños y medianos productores, es decir campesinos que poseen propiedades de 5 hasta 50 ha. Las especies utilizadas han sido aquellas que habían sido identificadas como promisorias en los ensayos realizados en la Estación Biológica La Selva. Sin embargo, los

productores y los técnicos no tenían buena información silvicultural de las especies utilizadas, debido a que los resultados de los ensayos cubrían solamente las primeras fases de desarrollo de las plantaciones (3 y 4 años), y aún no se conocía el comportamiento de las plantaciones a largo plazo, información necesaria para garantizar un mayor desarrollo de la actividad y disminuir el riesgo de inversión del productor rural.

En ese contexto fue desarrollada la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar el crecimiento de 9 especies (7 nativas y 2 exóticas) en plantaciones forestales puras con edades entre 6 y 11 años, establecidas por agricultores del Cantón de Sarapiquí de Heredia, Costa Rica, asociados al CACSA y FUNDECOR.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Descripción del sitio

Las plantaciones estudiadas fueron establecidas entre los años 1990 y 1995 en las llanuras de la vertiente Atlántica norte de Costa Rica, en tierras donde anteriormente se practicaban la agricultura y ganadería. La zona está ubicada sobre las coordenadas 10°12' y 10°47' Norte y 84°09' y 83°45' Oeste, con una elevación aproximada sobre el nivel del mar que varía entre 30 y 200 metros y temperatura media anual de 24°C. La precipitación media anual es 3500-5000 mm, con ningún o sólo un mes con precipitación menor de 50 mm. La topografía varía desde plano a ondulado. En general en la zona predominan los Ultisoles e Inceptisoles con varias limitaciones, como drenaje lento a nulo, y fertilidad desde media a muy baja, que la hace apta para cultivos permanentes como la reforestación, pero que requiere cuidadosas prácticas de manejo por la alta susceptibilidad a la erosión (Costa Rica 1979).

3.2.2. Metodología

El presente estudio buscó estimar el crecimiento y productividad de las 9 especies más utilizadas por los agricultores del Cantón de Sarapiquí. La población base está representada por un total de 210 plantaciones puras establecidas por los asociados del CACSA y FUNDECOR con área variando entre 0.1 y 5.0 has, ubicadas en 123 fincas de productores del Cantón de Sarapiquí. El Cuadro 3.2 presenta el tamaño y número de fincas donde se establecieron las parcelas de medición.

Cuadro 3.2 – Tamaño y número de fincas donde se realizaron las mediciones.

Tamaño de finca (ha)	Número de fincas muestreadas	Área promedio de la plantación (ha)
≤ 10	25	0.98
10 – 50	13	1.10
> 50	5	2.68

La Figura 3.1 muestra, para cada especie, el área total plantada y el número de plantaciones establecidas por los productores del CACSA y FUNDECOR en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, entre 1990 y 1995. Donde predominan las plantaciones de *T. amazonia*, *H. alchorneoides* y *V. guatemalensis*.

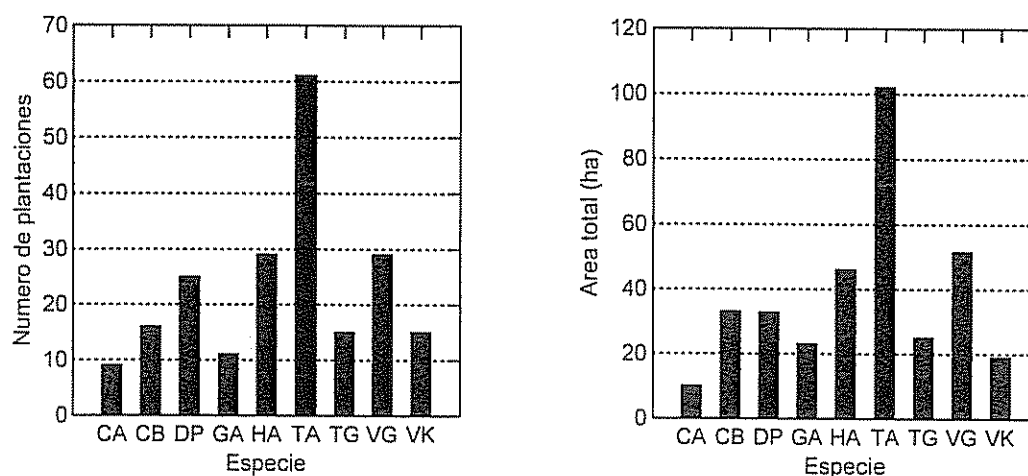


Figura 3.1 – Área total y número de plantaciones, para las especies más utilizadas por productores asociados a FUNDECOR y CACSA, establecidas entre el año de 1990 y 1995 en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. CA, *Cordia alliodora*; CB, *Calophyllum brasiliense*; DP, *Dipteryx panamensis*; GA, *Gmelina arborea*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; TA, *Terminalia amazonia*; TG, *Tectona grandis*; VG, *Vochysia guatemalensis*; VK, *Virola koschnyi*

Para cada especie fueron seleccionadas al azar 7 plantaciones. El número de plantaciones fue determinado para un error de muestreo de 20%, límite máximo aceptable por el gobierno de Costa Rica para inventarios forestales, utilizando la variable IMADAP para la especie *Virola koschnyi* con información secundaria de parcelas permanentes, proporcionada por FUNDECOR. Para el cálculo del número de plantaciones se utilizó la siguiente expresión:

$$n = \frac{CV^2 * t_{0.05}^2}{EM^2} \quad \text{donde:}$$

n= número de plantaciones

CV= Coeficiente de variación (%)

t_{0.05}= valor tabulado de la t de Student a 5% de probabilidad

EM= Error de muestreo (%)

Debido a la escasez de información secundaria para todas las especies se asumió el tamaño de la muestra calculado para *V. koschnyi* para todas las especies. Sin embargo, se esperaba una variación entre las plantaciones de las diferentes especies, que llevó a diferentes EM. Solamente en las plantaciones de *T. grandis* y *D. panamensis* el EM fue superior a los 20%, pero como se trata de un estudio exploratorio que buscó comparar el crecimiento de las diferentes especies, no se aumentó el tamaño de la muestra. Además, especies como *C. brasiliense*, que prácticamente tiene el mismo número de plantaciones que *T. grandis*, presentó EM de 10%, y *T. amazonia*, especie con el mayor número de plantaciones en la zona, mostró el menor EM (9.8%) (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 – Errores de muestreo (EM) calculados para todas las especies con los datos de la presente investigación (n = 7).

Especie	Error de Muestreo (%)
<i>Terminalia amazonia</i>	9.8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	10.0
<i>Vochysia guatemalensis</i>	10.3
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	12.9
<i>Gmelina arborea</i>	15.7
<i>Virola koschnyi</i>	16.0
<i>Cordia alliodora</i>	17.0
<i>Tectona grandis</i>	22.2
<i>Dipteryx panamensis</i>	26.8

Para cada especie fue utilizado un diseño muestral polietápico, teniendo como unidad primaria la plantación, seleccionada completamente al azar, y como unidad secundaria parcelas

temporales de medición conformadas por 15 árboles (5 x 3), seleccionadas sistemáticamente. La adopción del muestreo sistemático para la ubicación de las parcelas temporales de medición está relacionada con la facilidad de aplicación en el campo, lo que disminuye el costo y tiempo para realizar las mediciones, y en la mayoría de las aplicaciones el muestreo sistemático produce estimaciones más precisas que el muestreo aleatorio (Kleinn 2000). Para la ubicación de la esquina de la primer parcela se utilizó un procedimiento aleatorio y la siguiente parcela fue ubicada a 50 metros de distancia a partir de la parcela inicial.

La utilización de parcelas representadas por número de árboles se dió porque todas las plantaciones presentan un espaciamiento regular, pero en diferentes arreglos (3 x 3, 3.5 x 3.5 y 4 x 4 m), lo que garantizó el mismo número de observaciones por parcela, independiente del espaciamiento inicial.

El tamaño de parcela utilizado, representado por 15 árboles, es sugerido por Wright (1964) que comparó el comportamiento de parcelas de 15 y 200 árboles y demostró que ambos tipos de parcela daban estimaciones igualmente válidas acerca del crecimiento relativo en altura y en diámetro.

Para la evaluación de las especies se utilizó el Incremento Medio Anual del diámetro a la altura del pecho (IMADAP), Incremento Medio Anual de la altura total (IMAALT), Incremento Medio Anual en volumen (IMAVOL), características de forma, sanidad, número de árboles por hectárea y sobrevivencia.

3.2.3. Recolección y análisis de datos

En cada una de las parcelas se realizó la medición del DAP, altura total, sanidad y forma de los árboles, área de la parcela, pendiente y espaciamiento. Todos los datos de las mediciones de campo fueron almacenados utilizando el software MIRA-SILV (Ugalde 2000).

Fue utilizado un análisis de variancia para las variables IMADAP, IMAALT, IMAVOL, y sobrevivencia, para comparación de crecimiento entre especies y las medias fueron comparadas utilizando Tukey HSD test. Para el cálculo del IMAVOL se utilizó un factor de forma de 0.5 sugerido por Newbould (1967).

3.3. Resultados

3.3.1. Espaciamientos

Fueron identificadas, para todas las especies, plantaciones establecidas en tres espaciamientos distintos, 3 x 3, 3.5 x 3.5 y 4 x 4 m. En la Figura 3.2 se presenta la frecuencia de los diferentes espaciamientos por especie.

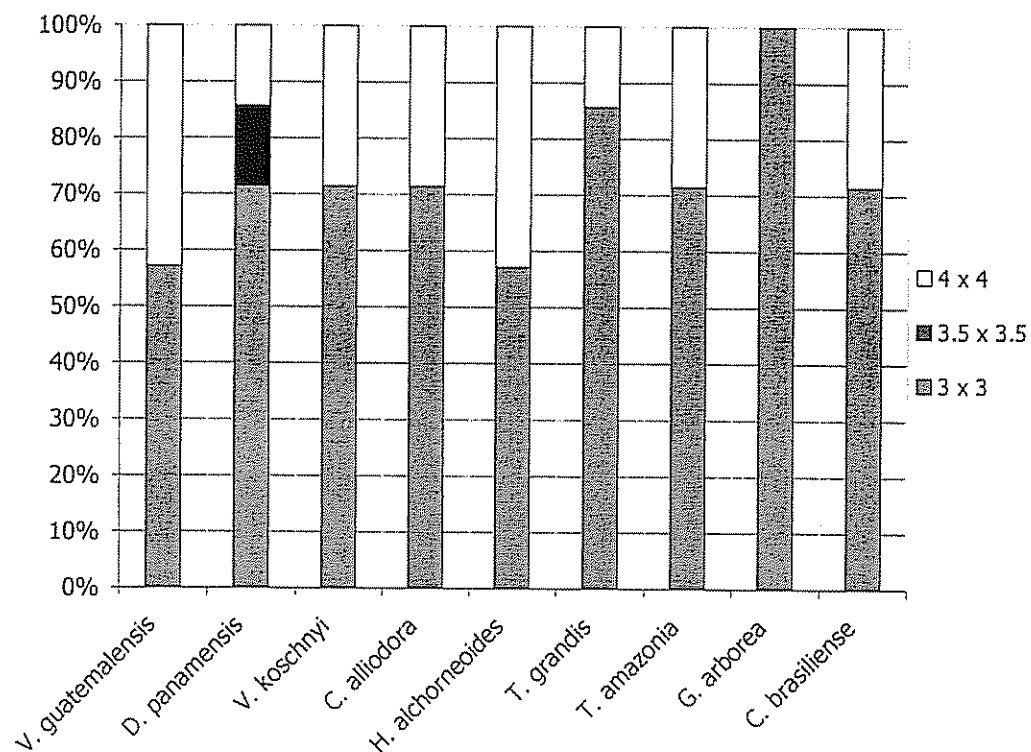


Figura 3.2 – Frecuencia de los diferentes espaciamientos en la muestra, por especie.

3.3.2. Supervivencia y número de árboles por hectárea

La supervivencia de las especies en este estudio refleja el porcentaje de árboles remanentes en la plantación, después de actividades de resiembra, prácticas de manejo como el raleo y de procesos naturales que promueven la mortalidad, y proporciona información sobre la intensidad de los raleos realizados.

La especie con mayor sobrevivencia fue *C. brasiliense* que presentó 87.1% de los árboles inicialmente sembrados, seguido de *V. guatemalensis* con una sobrevivencia de 75.1%. *G. arborea* presentó el valor más bajo de sobrevivencia con 59.5%, mostrando diferencias significativas ($P < 0.01$) cuando comparado con *C. brasiliense* y *V. guatemalensis* (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4 – Sobrevivencia y número de árboles por hectárea en plantaciones forestales establecidas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.

Especie	Sobrevivencia (%)	Numero de árboles/ha
<i>Calophyllum brasiliense</i>	87.1 a	840 a
<i>Vochysia guatemalensis</i>	75.1 a	647 b
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	72.4 ab	634 b
<i>Virola koschnyi</i>	72.4 ab	681 ab
<i>Cordia alliodora</i>	71.9 ab	693 ab
<i>Terminalia amazonia</i>	69.0 ab	597 b
<i>Tectona grandis</i>	68.0 ab	689 ab
<i>Dipteryx panamensis</i>	66.6 ab	654 b
<i>Gmelina arborea</i>	59.5 b	653 b

Promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.01$).

El número de árboles por hectárea, variable dependiente del espaciamiento inicial, que representa la densidad actual de los rodales, mostró una baja variación, no habiendo diferencias significativas ($P < 0.01$) entre especies, con excepción del *C. brasiliense* que presentó la más alta densidad.

3.3.3. Crecimiento y productividad

Fueron encontradas diferencias significativas ($P < 0.01$) para IMADAP y IMAALT entre especies. El mayor IMADAP y IMAALT fue observado en *G. arborea* y el menor en *C. brasiliense* (Cuadro 3.5).

Considerando el IMADAP, *G. arborea* y *V. guatemalensis* fueron las especies con mejores crecimientos, con 2.90 y 2.59 cm, respectivamente, los cuales fueron significativamente superiores ($P < 0.01$) cuando comparados con las otras especies estudiadas, con excepción de *T.*

amazonia y *T. grandis*, que presentaron valores similares de 2.36 cm. *C. brasiliense* mostró el más bajo incremento medio anual en diámetro con 1.48 cm, significativamente inferior ($P < 0.01$) a las otras especies, con excepción de *H. alchorneoides* y *D. panamensis* que presentaron 1.85 y 1.73 cm, respectivamente.

G. arborea mostró los mayores incrementos anuales en altura con 2.24 metros, lo que fue significativamente superior a las demás especies ($P < 0.01$), con excepción *T. amazonia* y *D. panamensis* que presentaron incrementos medios anuales de 1.97 y 1.94, respectivamente.

Cuadro 3.5 - Incremento medio anual en diámetro (IMADAP), incremento medio anual en altura (IMAALT) e incremento medio anual en volumen (IMAVOL) de las 9 especies forestales más utilizadas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Especie	IMADAP (cm/año)	IMAALT (m/año)	IMAVOL (m ³ /ha/año)
<i>Gmelina arborea</i>	2.90(0.49) a	2.24(0.42) a	31.49(14.38) a
<i>Vochysia guatemalensis</i>	2.59(0.29) a	1.90(0.26) b	23.51(13.02) ab
<i>Terminalia amazonia</i>	2.36(0.25) ab	1.97(0.31) ab	17.66(7.16) bcd
<i>Tectona grandis</i>	2.36(0.57) ab	1.88(0.42) b	21.39(12.78) b
<i>Cordia alliodora</i>	2.09(0.38) bc	1.68(0.32) bc	15.67(6.36) bcde
<i>Virola koschnyi</i>	1.95(0.34) bc	1.41(0.37) c	11.47(7.67) cdef
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	1.85(0.26) bc	1.71(0.27) bc	10.21(6.13) def
<i>Dipteryx panamensis</i>	1.73(0.50) c	1.94(0.47) ab	7.90(4.39) ef
<i>Calophyllum brasiliense</i>	1.48(0.16) c	1.29(0.19) c	5.95(3.13) f

Promedios presentan diferencias significativas cuando la desviación estándar es seguida por diferentes letras en la misma columna ($P < 0.01$).

Considerando la variable IMAVOL, las especies *G. arborea* y *V. guatemalensis* se destacan como las más productivas en la zona, seguidas por *T. grandis*, *T. amazonia* y *C. alliodora*, respectivamente.

C. brasiliense y *D. panamensis* presentaron los menores crecimientos volumétricos y diferencias altamente significativas al compararlas con las especies más productivas.

3.3.4. Forma

Todos los árboles fueron clasificados en tres clases de forma (ejes rectos, poco sinuosos y muy sinuosos) y además se anotó la presencia de bifurcación en el fuste a una altura inferior a cuatro metros.

Las especies *V. koschnyi*, y *V. guatemalensis* presentaron la mayor proporción de ejes rectos y muy baja proporción de árboles bifurcados. En general todas las especies mostraron buena forma y bajos porcentajes de bifurcación, con excepción de *H. alchorneoides* y *T. grandis* que presentaron calidades de fuste inferiores y altos porcentajes de bifurcación. *G. arborea* también presentó calidad de fuste inferior cuando comparado con las especies nativas, a pesar de ser la especie de mejor crecimiento (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6 – Forma de los árboles en plantaciones forestales establecidas por pequeños y medianos productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades de entre 6 y 11 años.

Especie	Ejes rectos (%)	Poco sinuosos (%)	Muy sinuosos (%)	Árboles bifurcados (%)
<i>Virola koschnyi</i>	100.0	0.0	0.0	0.0
<i>Vochysia guatemalensis</i>	96.8	2.6	0.6	1.3
<i>Terminalia amazonia</i>	96.6	3.4	0.0	7.6
<i>Calophyllum brasiliense</i>	95.1	4.9	0.0	4.4
<i>Dipteryx panamensis</i>	89.2	10.1	0.7	5.8
<i>Gmelina arborea</i>	86.2	12.2	1.6	0.8
<i>Cordia alliodora</i>	86.0	12.0	2.0	4.0
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	84.0	15.3	0.7	14.7
<i>Tectona grandis</i>	78.9	17.6	3.5	8.5

3.4. Discusión

3.4.1. Especies promisorias para la reforestación

Aunque la utilización de especies exóticas predomina tanto en plantaciones industriales como en plantaciones para el desarrollo rural en el trópico a nivel mundial (Evans 1999), en la zona de Sarapiquí, Costa Rica, el 88% de las plantaciones forestales establecidas entre 1990 y 1995 utilizan especies nativas de la zona.

Esa alta representatividad de especies nativas en la zona se debe a que ensayos instalados en la Estación Biológica La Selva demostraron que especies nativas que nunca habían sido utilizadas en la reforestación presentaban buen comportamiento silvicultural (Butterfield 1990, Espinoza y Butterfield 1990). Además, con los incentivos económicos del gobierno del país se promovió la reforestación con dichas especies en las fincas de pequeños y medianos productores.

Los resultados de la presente investigación muestran que la mayoría de las plantaciones ya se encuentran bastante desarrolladas y se pueden visualizar algunos de los resultados de haber utilizado especies nativas en mayor proporción que especies exóticas.

Aunque los mejores incrementos anuales fueron expresados por una especie exótica (*G. arborea*), esta presentó problemas de forma. Esa especie ha sido ampliamente estudiada en el neotrópico y resultados similares han sido reportados para Costa Rica (CATIE 1991, González y Fisher 1994).

V. guatemalensis y *T. amazonia* fueron las especies nativas más promisorias mostrando incrementos anuales comparados con las especies exóticas más utilizadas en la reforestación en el trópico húmedo (Martínez 1981). Resultados comparables, pero a edades más tempranas, han sido reportados para la misma zona (Butterfield y Espinoza 1995, González y Fisher 1994, Espinoza y Butterfield 1990). Estos resultados corroboran con investigaciones anteriores y demuestran la viabilidad de proyectos de reforestación para producción maderera con especies nativas.

Las cuatro mejores especies en términos de crecimiento están representadas por dos especies nativas (*V. guatemalensis* y *T. amazonia*) y dos exóticas (*G. arborea* y *T. grandis*). Sin embargo, cuando comparamos la forma de los árboles, las especies nativas se presentan superiores. La mala forma de las especies exóticas puede estar relacionada con la baja intensidad de manejo aplicada por los productores en las tierras bajas del trópico húmedo (Haggard *et al.* 1998), pues normalmente tales especies requieren sistemas más intensivos de producción para garantizar productividad y calidad de madera.

Observando la calidad de la madera de las especies con mejores crecimientos se nota que para cada especie exótica existe una especie nativa que puede brindar incrementos y productos de calidad parecida. *G. arborea* y *V. guatemalensis* son maderas livianas con peso específico básico promedio de 0.34 y 0.35 g/cm³, respectivamente, y *T. grandis* y *T. amazonia* son maderas muy pesadas con peso específico básico promedio de 0.61 y 0.68 g/cm³, respectivamente (Carpio 1992). La utilización de estas especies nativas en lugar de exóticas en plantaciones homogéneas es una alternativa para mantener la producción maderera e incrementar el valor de conservación de las plantaciones, ya que especies locales son más adecuadas para ser utilizadas como hábitat para la vida silvestre (Keenan *et al.* 1999, Parrotta *et al.* 1997). Además las especies nativas están más adaptadas a sistemas de producción forestal que utilizan pocos insumos en la preparación y mantenimiento del sitio (Haggar *et al.* 1998), situación típica en las fincas pequeñas y medianas del trópico húmedo de Costa Rica.

D. panamensis y *C. brasiliense* presentaron los más bajos incrementos en DAP y altura y pueden ser clasificadas como especies de lento crecimiento, que necesitan ciclos de corta relativamente más largos para la producción de madera de aserrío. *C. brasiliense* fue la especie con el menor desarrollo y presentó incrementos un poco inferiores a los encontrados por Butterfield y Espinoza (1995) y por Montagnini *et al.* (1995), en plantaciones puras a los 4 años de edad. Sin embargo, muchos productores han escogido plantar esas especies por el alto valor de la madera y por exhibir buena forma. El alto valor de la madera puede compensar los bajos incrementos anuales en volumen, además, esas especies también pueden tener un alto valor social y ambiental para la comunidad local, como es el caso del *D. panamensis* que contribuye al establecimiento de la fauna, tales como la lapa verde (*Ara ambigua*) y algunos roedores como *Sciurus granatensis*, *Dasyprocta punctata*, *Agouti paca*, *Proechimys semispinosus*, así como de otras especies vegetales debido a sus interacciones con muchos agentes dispersores y polinizadores (Bonaccorso 1980, Terborgh 1994).

H. alchorneoides, *C. alliodora* y *V. koschnyi* presentaron un crecimiento relativamente rápido, pero inferior a los incrementos presentados por las especies exóticas y las nativas más productivas, *V. guatemalensis* y *T. amazonia*. Sin embargo, para productores interesados en maderas preciosas, utilizar esas especies pueden ser una alternativa para tener plantaciones que ofrezcan una más amplia variedad de productos en un mercado incierto (Montagnini *et al.* 1997).

Particularmente *H. alchorneoides* presentó un gran porcentaje de árboles bifurcados (14.7%) y problemas de forma. Esta especie necesita un manejo más intensivo en las fases iniciales del desarrollo de la plantación, con la aplicación de podas de formación, para garantizar fustes de mejor calidad para la cosecha final.

3.4.2. Efectos del sitio y de las prácticas silviculturales

Los sitios donde se están estableciendo las plantaciones forestales en el trópico húmedo de Costa Rica son tierras normalmente marginales para la agricultura tradicional, ya que están sobre suelos pobres y degradados. En estas zonas la actividad forestal es relativamente reciente y está representada en su gran parte por pequeños y medianos productores que poseen propiedades de 5 hasta 50 ha y que comúnmente utilizan pocos insumos en la preparación del sitio y en el mantenimiento de las plantaciones. Las diferentes condiciones de sitio y la baja intensidad de manejo puede promover una gran variación de productividad dentro de una misma especie en diferentes fincas, por lo que, es recomendable utilizar genotipos más estables (Butterfield 1996), es decir, que mantienen una determinada productividad en diferentes condiciones de sitio.

Utilizando las variables IMADAP y IMAALT, y la variancia (S²) (Figura 3.3), encontrada entre las plantaciones estudiadas, fue posible visualizar cuáles especies están teniendo un comportamiento más uniforme para estas dos variables.

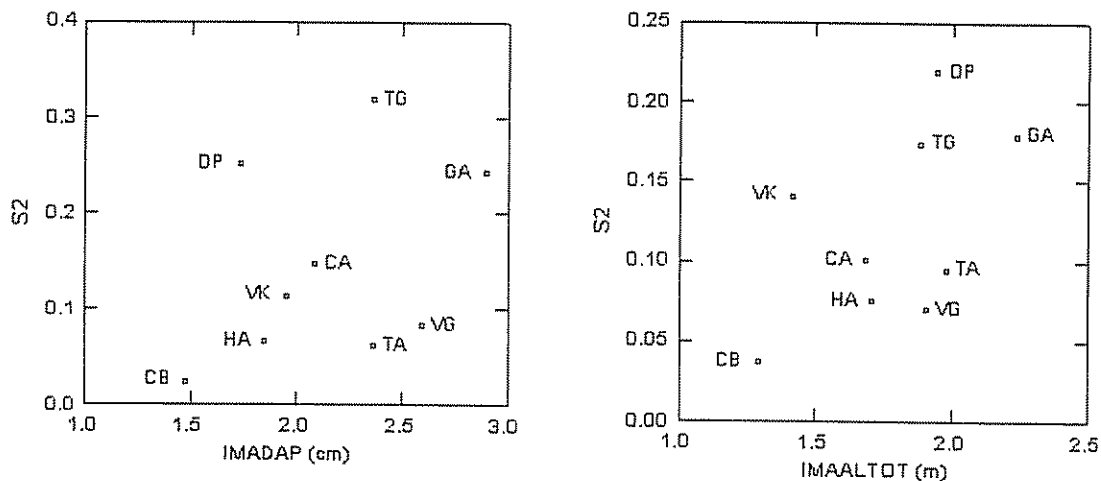


Figura 3.3 – Variación versus IMADAP y IMAALT para las 9 especies más utilizadas por pequeños productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. CA, *Cordia alliodora*; CB, *Calophyllum brasiliense*; DP, *Dipteryx panamensis*; GA, *Gmelina arborea*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; TA, *Terminalia amazonia*; TG, *Tectona grandis*; VG, *Vochysia guatemalensis*; VK, *Virola koschnyi*.

Las especies exóticas fueron notablemente las que presentaron una gran variación a las diferentes condiciones de sitio y manejo, ya que tuvieron incrementos medios en DAP y altura altos, pero también una alta variabilidad en el crecimiento entre diferentes fincas. Esos resultados indican que estas especies pueden ser consideradas “especialistas”, es decir, que variaciones de sitio y manejo están afectando el crecimiento y desarrollo. Sin embargo, si estas variables que afectan el crecimiento pueden ser identificadas, la siembra de estas especies exóticas en sitios apropiados y con un manejo apropiado puede resultar en plantaciones con alta productividad (Butterfield 1996).

En cambio las especies nativas presentaron una alta uniformidad de incrementos en toda la zona de estudio, con excepción de *D. panamensis*, y aparentan ser más promisorias para una utilización generalizada, es decir, en sitios con diferentes condiciones ecológicas. *V. guatemalensis* y *T. amazonia*, además de expresar incrementos similares a los encontrados para las especies exóticas, presentaron una alta plasticidad a las condiciones del Cantón de Sarapiquí, y figuran como la mejor alternativa para los productores de la zona.

Las demás especies nativas que presentaron bajos incrementos pero alta plasticidad, también pueden ofrecer buenos resultados donde las condiciones de sitio son desfavorables, es decir, con suelos compactados por usos anteriores de la tierra, problemas de drenaje lento, baja fertilidad y donde el mantenimiento es limitado.

3.5. Conclusiones

Según sugieren los resultados del presente trabajo, la utilización de una gran proporción de especies nativas en los programas de reforestación del Cantón de Sarapiquí fue una decisión acertada, ya que tales especies se han desarrollado bien en las condiciones de sitio encontradas en la zona. Además, se ha logrado una mayor diversificación en la producción de madera de plantaciones y un mejor conocimiento de cómo crecen las especies arbóreas tropicales de mediana y alta calidad, lo que representa una alternativa para ayudar a aliviar la presión sobre los bosques naturales.

La mayoría de las especies nativas utilizadas mostraron un buen potencial productivo en plantaciones comerciales (rápido crecimiento, alta sobrevivencia, buena forma, plasticidad a

diferentes condiciones de sitio), principalmente *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia*. Sin embargo, programas de mejoramiento genético deben ser considerados en la búsqueda de materiales superiores que posibiliten una mayor productividad y menores ciclos de corta, para tornar la actividad forestal cada vez más atractiva, sostenible e independiente de los incentivos del gobierno que actualmente fomentan los proyectos de reforestación.

3.6. Literatura citada

Bonaccorso, FJ; Glanz, WE; Sandford, CM: 1980. Feeding assemblages of mammals at fruiting *Dipteryx panamensis* (Papilionaceae) trees in Panama: seed predation, dispersal, and parasitism. *Revista de Biología Tropical* 28(1):61-72.

Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. *Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volume 2. Montreal, Canada.* p 3-14.

Butterfield, R; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests* 9, 135-145.

Butterfield, R. 1996. Early species selection for tropical reforestation: a consideration of stability. *Forest Ecology and Management* 81, 161-168.

Carpio, IM. 1992. *Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 338 p.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1991. *Melina (Gmelina arborea): especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Ser. Téc., Colección de Guías Silviculturales n°10, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 62 p.

Costa Rica. 1979. *Manual descriptivo de los criterios, clases y subclases del mapa "Capacidad de uso de los suelos de Costa Rica"*. Oficina de Planificación Sectorial Agropecuario. San José, Costa Rica. 100 p.

Dirección General Forestal. 1987. *Boletín estadístico n° 2*. San José. Costa Rica. 5 p.

Espinoza, M; Butterfield, R. 1990. Adaptabilidad de 13 especies nativas bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas de Costa Rica. En: R. Salazar (Editor), *Manejo y aprovechamiento de*

- plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Actas Reunión IUFRO, Guatemala, Abril de 1989. CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 159-172.
- Evans, J. 1999. Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance. *New Forests* 17, 25-36.
- FUNDECOR. 2001. Programas y su impacto: reforestación. Consultado 28 mayo 2001. Disponible en <http://www.fundecor.or.cr/logros/programas/reforestacion.shtml>
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70, 159-167.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106, 195-203.
- Jiménez, Q; Poveda, LJ. 1997. Lista actualizada de los árboles maderables de Costa Rica. Aportes al Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 36 p.
- Keenan, RJ; Lamb, D; Parrotta, J; Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9 (1/2): 117-134.
- Kleinn, C; Pérez, J. 2000. Consideraciones metodológicas en la experimentación científica agrícola. Sub-Unidad de Estadística, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- Martinez, HH. 1981. Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica, 172 p.
- Montagnini, F; González, E; Rheingans, R; Porras, C. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Montagnini, F; Sancho, F; González, E; Porras, C; Moulaert, A; Monaco, A. 1997. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas para la reforestación de terrenos degradados en Costa Rica: estudio comparativo del crecimiento, daño por plagas, regeneración natural y costos de establecimiento. *Biocenosis*, 12(1): 25-34.

- Newbould, P.J. 1967. Methods for estimating the primary production of forest. IBP Handbook 2. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 62 p.
- Parrotta, J.A.; Turnbull, J.W.; Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99, 1-7.
- Segura, O.; Miranda, M.; Mejías, R. 1996. Planificación e inversión en el sector forestal en Costa Rica. Consejo Centroamericano de Bosques y Áreas Protegidas. Heredia, Costa Rica. 32 p.
- Terborgh, J.; Wright, S.J. 1994. Effects of mammalian herbivores on plant recruitment in two neotropical forests. *Ecology* 75(6):1829-1833.
- Ugalde Arias, L. 2000. El sistema MIRA, Componente de Silvicultura. Manual del usuario. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 82 p.
- Watson, V.; Cervantes, S.; Castro, C.; Mora, L.; Solís, M.; Porras, I.T.; Cornejo, B. 1998. Abriendo espacio para una mejor actividad forestal. Estudio de Costa Rica. Centro Científico Tropical e Institute for Environment and Development. San José, Costa Rica. 114 p.
- Wright, J.W. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO, Roma, 437 p.

4. Crecimiento y efectos del raleo para doce especies forestales nativas del trópico húmedo de Costa Rica en plantaciones puras y mixtas.

4.1. Introducción

Diversos estudios indican la necesidad de practicarse un manejo oportuno e intensivo en las plantaciones por diversas razones, tales como, acelerar el crecimiento en diámetro acortando la rotación, mejorar la calidad de la madera, obtener rendimientos intermedios, aumentar la penetración de luz para desarrollar copas más grandes, aumentar la temperatura del piso forestal para acelerar la descomposición de materia orgánica, fomentar el desarrollo de raíces y mantener una cobertura herbácea para controlar la erosión (Wadsworth 1997).

El raleo es una de las intervenciones de manejo necesaria en plantaciones forestales concebidas para producción de madera de aserrío. Sin embargo, la adopción del raleo implica que el productor esté dispuesto a tener una pérdida en volumen, que debe ser compensada con la superior calidad y valor de la madera producida (Espinosa *et al.* 1994).

En Costa Rica, a partir de la década de los 90, como consecuencia del incentivo al establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas y la apertura hacia el comercio de los productos derivados de su cosecha, se creó la necesidad de desarrollar actividades silviculturales que regulen el desarrollo de los árboles y de los rodales para obtener productos de mejor calidad y valor comercial.

Ante la carencia de antecedentes respecto a los regímenes de manejo más apropiados para la mayoría de las especies nativas sembradas por productores de Costa Rica, gran parte de las plantaciones forestales distan mucho de tener un manejo adecuado (Valverde 1995) y ese proceso puede desestimular la actividad forestal entre los productores en el futuro.

En la Zona Norte de Costa Rica, la mayoría de los proyectos de reforestación han sido establecidos por pequeños y medianos productores que recientemente han tenido contacto con la actividad forestal y que todavía no están totalmente concientes de la necesidad de un manejo intensivo de la plantación (Haggar *et al.* 1998).

Por otra parte, poco se conoce respecto al comportamiento de las plantaciones con especies nativas a largo plazo en diferentes condiciones de manejo, información necesaria para garantizar un mayor desarrollo de la actividad forestal y disminuir el riesgo de inversión del productor rural.

Este estudio describe los resultados de un ensayo de crecimiento de algunas de las especies nativas más utilizadas por productores del trópico húmedo de Costa Rica, en sistemas puros y mixtos y bajo dos diferentes intensidades de raleo.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Descripción del sitio

Las plantaciones estudiadas fueron establecidas entre los años 1991 y 1992 en áreas de potreros abandonados en la Estación Biológica La Selva de la Organización de Estudios Tropicales (OET), Costa Rica. El área experimental está ubicado sobre las coordenadas 10°26' Norte y 86°59' Oeste, con una elevación sobre el nivel del mar de 50 m, temperatura media anual de 24°C y precipitación media anual de 4000 mm.

El terreno del sitio experimental es llano y uniforme, los suelos son Fluventic Dystropepts derivados de aluviones volcánicos, profundos, bien drenados, sin rocosidad, con contenido de materia orgánica media a baja, textura moderadamente pesada, ácidos e infértiles (Sancho y Mata 1987).

4.2.2. Metodología

4.2.2.1. Establecimiento de las plantaciones

Se establecieron tres plantaciones con cuatro especies arbóreas nativas (Cuadro 4.1) que fueron diseñadas en base a diferentes criterios, tales como crecimiento, forma, valor económico, preferencia de los agricultores e impacto sobre la recuperación de la fertilidad del suelo (Montagnini *et al.* 1995).

Cuadro 4.1 – Especies forestales utilizadas en plantaciones arbóreas experimentales mixtas y puras en La Estación Biológica La Selva, Costa Rica.

Especie	Familia	Distribución natural
Plantación 1		
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Clusiaceae	México a norte de Sur América
<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm.	Vochysiaceae	México a Peru
<i>Stryphnodendron microstachyum</i> Poepp. & Endl.	Fabaceae-Mim.	Costa Rica
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae	Guatemala a Brasil
Plantación 2		
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms	Fabaceae-Mim.	Guatemala a Ecuador
<i>Terminalia amazonia</i> (J. Gmel) Exell.	Combretaceae	Sur de México al norte de Sur América
<i>Virola koschnyi</i> Warb.	Myristicaceae	América Central
<i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell	Fabaceae-Pap.	Nicaragua a Colombia
Plantación 3		
<i>Balizia elegans</i> (Ducke) Barneby & Grimes	Fabaceae-Mim.	América Tropical
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	América Tropical
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	México a Brasil
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Vochysiaceae	Nicaragua a Brasil

Fuente: Jiménez & Poveda 1997, Holdridge & Poveda 1975.

Las plantaciones fueron montadas en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y cinco tratamientos: cuatro parcelas de especies puras para cada especie y una parcela mixta con las cuatro especies. La distancia de plantación inicial fue 2m x 2m y cada parcela era de 32m x 32m, con un total de 256 árboles cada una.

En las parcelas individuales mixtas, se utilizó un diseño sistemático de las especies, para maximizar las interacciones (Montagnini *et al.* 1995). Dentro de cada parcela, los árboles de las cuatro especies fueron plantadas alternando dos especies por fila. El orden secuencial de las especies dentro de las filas fue revertido sistemáticamente en filas alternas. De esta manera, cada fila contenía las cuatro especies combinadas en una secuencia.

1	3	2	4
2	4	1	3
1	3	2	4
2	4	1	3

Todas las parcelas iniciales de 256 árboles fueron divididas en la mitad y se aplicaron dos tratamientos de raleo:

CR: raleado sistemáticamente dos veces, a los 3 y 6 años de edad, para dejar los árboles en un espaciamiento de 4 x4 m.

SR: no fue raleado, sino que se dejó los árboles con el espaciamiento inicial de 2 x 2 m.

En el año 2000, todas las parcelas de los dos tratamientos fueron sometidas a un raleo selectivo, donde los criterios de selección utilizados fueron principalmente la forma y sanidad de los árboles. El número de árboles remanentes en cada tratamiento es presentado en los resultados.

4.2.2.2. Mediciones de las plantaciones

En el centro de cada parcela de 128 árboles fue establecida una parcela de 42 árboles (3x14 árboles) para evitar posibles efectos de borde, tales como los detectados por Vásquez (1986). Este autor observó en ensayos con diferentes intensidades de raleo que el error experimental fue reducido al utilizar parcelas con borde, en comparación a parcelas sin borde, mostrando la utilidad de los bordes para alcanzar estimaciones más precisas.

En cada una de las parcelas se realizó la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total. Los promedios de DAP, altura total, área basal, volumen y sobrevivencia fueron calculados para cada parcela, especie y tratamiento de raleo. Para el cálculo del índice de volumen se utilizó un factor de forma de 0.5 sugerido por Newbould (1967). El análisis de varianza y las pruebas de significancia estadística (Tukey HSD Test, $p < 0.05$) fueron realizadas utilizando los promedios de cada parcela para cada variable.

El ensayo fue establecido utilizando un diseño de bloques completos al azar con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observaciones individuales;
 μ = media poblacional
 B_i = efecto del bloque i ;
 E_j = efecto del tratamiento j (especie);
 e_{ij} = error experimental.

Después de la aplicación de los raleos, las parcelas fueron divididas en dos partes cambiando el diseño experimental a parcelas divididas, incorporando una nueva parte al modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + E_j + e_{ij} + M_i + ME_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = observaciones individuales;
 μ = media poblacional
 B_i = efecto del bloque i ;
 E_j = efecto del factor de la parcela principal (especie);
 e_{ij} = error experimental asociado a la parcela principal;
 M_i = efecto del factor de la subparcela (manejo);
 ME_{ij} = interacción entre especie y manejo;
 e_{ijk} = error experimental asociado a la subparcela.

Con ese modelo matemático se pudo comparar las especies, independiente del raleo (E_j) y los raleos, independiente de las especies (M_i). Además se pudo identificar si existía interacción entre el raleo y el crecimiento de las especies (ME_{ij}).

Para cada plantación todas las variables fueron comparadas entre las cuatro especies y la mezcla de especies, para cada especie en condición pura y mixta, y entre los dos tratamientos de manejo.

4.3. Resultados

4.3.1. Crecimiento y productividad de las plantaciones puras y mixtas

En la plantación 1 solamente *C. brasiliense* mostró un mejor crecimiento en diámetro en condiciones puras, con diferencias significativas respecto a las parcelas mixtas. *V. guatemalensis*, *J. copaia* y *S. microstachyum* se comportaron mejor en plantaciones mixtas, ya que el crecimiento para esas especies fueron estadísticamente inferiores cuando en plantaciones puras (Cuadro 4.2).

Todas las especies tuvieron mejor sobrevivencia en plantaciones mixtas. *S. microstachyum* que presentó mortalidad total en condiciones puras mostró alguna sobrevivencia, aunque baja (8.7%), en plantaciones mixtas. La antracnosis, causada por el hongo *Glomerella spp.*, que causó la muerte de los individuos de *S. microstachyum* en las parcelas puras y mixtas (Montagnini *et al.* 1997).

Cuadro 4.2 – DAP, altura total y sobrevivencia de 12 especies nativas en plantaciones puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.

Especie	Parcela	DAP (cm)	Altura Total (m)	Sobrevivencia (%)
Plantación 1: 10.3 años				
<i>C. brasiliense</i>	Pura	17.47(0.78) d	12.94(0.17) c	28.7(2.8) b
	Mixta	11.36(1.10) e	10.69(1.05) c	33.7(6.7) b
<i>V. guatemalensis</i>	Pura	23.48(0.88) c	18.92(0.45) b	28.0(2.9) b
	Mixta	31.29(1.86) a	27.53(1.34) a	54.9(9.8) a
<i>J. copaia</i>	Pura	21.78(0.71) c	22.03(0.43) b	32.0(3.5) b
	Mixta	27.88(1.71) b	27.12(1.36) a	53.5(11.1) a
<i>S. microstachyum</i>	Pura	0	0	0
	Mixta	3.94(1.94) f	4.01(1.98) d	8.7(4.4) c
Plantación 2: 10 años				
<i>V. koschnyi</i>	Pura	21.82(0.79) a	18.57(0.39) a	31.2(2.7) ab
	Mixta	20.71(1.45) a	16.13(0.95) a	44.0(4.8) a
<i>D. panamensis</i>	Pura	13.91(0.37) b	14.86(0.38) a	30.6(1.9) ab
	Mixta	14.69(1.26) b	14.74(1.15) a	34.0(6.0) ab
<i>T. amazonia</i>	Pura	22.19(0.58) a	18.39(0.35) a	21.6(1.7) b
	Mixta	25.28(2.10) a	19.12(1.39) a	34.2(5.3) ab
<i>P. guachapele</i>	Pura	0	0	0
	Mixta	3.95(1.97) c	4.00(1.97) b	4.6(2.4) c
Plantación 3: 9 años				
<i>G. americana</i>	Pura	11.01(0.82) b	9.93(0.72) b	24.0(1.3) cd
	Mixta	2.15(1.41) c	2.25(1.47) c	2.4(1.6) c
<i>V. ferruginea</i>	Pura	20.78(1.03) a	15.83(0.44) a	28.6(2.9) bc
	Mixta	16.79(1.88) a	13.49(1.46) ab	50.2(7.1) ab
<i>H. alchorneoides</i>	Pura	15.34(0.38) ab	14.32(0.30) ab	29.5(3.1) abc
	Mixta	17.99(0.93) a	17.35(0.81) a	51.5(8.4) a
<i>B. elegans</i>	Pura	16.45(0.37) ab	13.65(0.28) ab	34.7(2.8) abc
	Mixta	16.80(1.22) a	14.11(1.03) ab	41.6(5.8) abc

Para cada plantación los promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna ($P < 0.05$).

Por otro lado, en la plantación 2 las especies no han presentado diferencias estadísticas para diámetro, altura y sobrevivencia entre parcelas puras y mixtas. Los promedios de diámetro y altura de *T. amazonia* fueron más altos en plantaciones mixtas. *V. koschnyi* mostró un mejor crecimiento en diámetro y altura en condiciones puras. Todas las especies tuvieron mejor sobrevivencia en plantaciones mixtas. *P. guachapele* que presentó mortalidad total en condiciones puras mostró alguna sobrevivencia, aunque baja (4.6%), en plantaciones mixtas. La

clorosis asociada a daños causados por topos en las raíces (*Orthogeomys spp.*) que promovió la muerte de los árboles de *P. guachapele* en plantación pura y mixta (Montagnini *et al.* 1995).

En la plantación 3, las especies tampoco expresaron diferencias estadísticas para diámetro, altura y sobrevivencia entre las plantaciones puras y mixtas, con excepción de *G. americana* que presentó bajos niveles de sobrevivencia y crecimiento en diámetro y altura en condiciones mixtas, por haber sido suprimida por las demás especies en la mezcla, por su lento crecimiento. Los promedios de diámetro y altura de *V. ferruginea* también fueron más altos en plantaciones puras. *H. alchorneoides* mostró mayor diámetro y altura en condiciones mixtas. (Cuadro 4.2).

La mezcla de especies mostró la mayor productividad volumétrica en la plantación 1, estadísticamente superior a las especies en plantaciones puras. Esa alta productividad volumétrica está estrechamente relacionado al elevado número de árboles por hectárea y al buen crecimiento en altura y diámetro de las especies en plantaciones mixtas (Cuadro 4.3).

En la plantación 2, *D. panamensis* presentó el menor crecimiento volumétrico y diferencias significativas al compararlo con las demás especies y la mezcla de especies, que mostraron las mejores productividades.

Las parcelas con mayor productividad a los 9 años en la plantación 3 fueron de *V. ferruginea*, seguido por la mezcla de especies, *B. elegans*, *H. alchorneoides* y *G. americana* (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3 – Área basal, índice de volumen y número de árboles por hectárea para 12 especies nativas en plantaciones puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.

Especie	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)	Árboles/ha
Plantación 1: 10.3 años			
<i>C. brasiliense</i>	16.69(0.46) c	115.2(4.4) c	721.7(67.9) b
<i>V. guatemalensis</i>	29.54(2.57) b	301.4(30.0) b	699.4(74.4) b
<i>J. copaia</i>	28.85(1.65) b	331.6(16.6) b	803.7(86.4) b
<i>S. microstachyum</i>	0	0	0
Mezcla de las 4 especies	45.47(5.17) a	616.1(57.6) a	953.2(81.7) a

Especie	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)	Árboles/ha
Plantación 2: 10 años			
<i>V. koschnyi</i>	28.55(1.71) a	280.0(20.4) a	781.2(68.9) a
<i>D. panamensis</i>	11.73(0.63) c	87.1(5.0) b	766.2(48.3) a
<i>T. amazonia</i>	20.79(0.79) b	213.3(14.5) a	543.2(41.2) b
<i>P. guachapele</i>	0	0	0
Mezcla de las 4 especies	26.39(1.82) ab	254.6(23.5) a	737.2(35.4) a
Plantación 3: 9 años			
<i>G. americana</i>	6.13(1.00) d	36.4(7.3) c	602.7(32.7) b
<i>V. ferruginea</i>	24.69(1.78) a	207.6(18.0) a	721.7(73.3) ab
<i>H. alchorneoides</i>	13.33(0.98) c	105.9(7.6) b	736.4(77.8) ab
<i>B. elegans</i>	18.54(1.32) b	144.0(11.0) b	870.5(68.3) ab
Mezcla de las 4 especies	22.38(1.15) ab	194.7(12.9) a	908.4(97.9) a

Para cada plantación los promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna ($P < 0.05$).

4.3.2. Efectos del raleo

Como respuesta al raleo, el crecimiento en diámetro de los árboles en todas las plantaciones se incrementó considerablemente, presentando diferencias significativas con el tratamiento sin raleo (Cuadro 4.4).

El crecimiento en altura total también fue afectado por la densidad, aunque en la plantación 2, las parcelas raleadas no mostraron una altura promedio significativamente mayor que las parcelas no raleadas.

El análisis de varianza para el área basal total por hectárea detectó efectos significativos del raleo en el crecimiento de los árboles solamente en la plantación 1. El crecimiento en área basal tiende a disminuir cuando la intensidad del raleo aumenta. El tratamiento sin raleo logró áreas basales mayores que las parcelas más severamente raleadas. Sin embargo, el crecimiento en área basal por árbol se incrementó agudamente con el aumento del espaciamiento, aunque mismo con una mayor tasa de crecimiento individual no es suficiente aún para compensar el menor número de árboles por hectárea.

En contraste con el crecimiento en diámetro, y al igual que el crecimiento en área basal, el crecimiento en volumen fue mayor en las plantaciones no raleadas y menor en las plantaciones

raleadas. A la edad de 10.3 años, el volumen acumulado en la plantación 1 en el tratamiento con raleo alcanzó 299.3 m³/ha, significativamente menor que los 382.8 m³/ha del tratamiento no raleado.

El volumen medio por árbol se incrementó en las parcelas donde se aplicó el tratamiento de raleo. Sin embargo, la mayor dimensión de los árboles individuales no fue suficiente para compensar su menor número, principalmente en la plantación 1. En las plantaciones 2 y 3 los árboles de las parcelas raleadas han recuperado buena parte del volumen de madera extraído en los raleos (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 – DAP, altura total, área basal, índice de volumen y árboles por hectárea en plantaciones forestales de especies nativas sin raleo y con raleo en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.

Especie	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)	Árboles/ha
Plantación 1:					
10.3 años					
Sin raleo	18.98(0.67) b	17.79(0.83) b	34.77(3.88) a	382.8(58.5) a	1045.6(63.2) a
Con raleo	23.69(0.80) a	19.65(1.17) a	25.51(2.11) b	299.3(40.9) b	543.5(27.0) b
Plantación 2:					
10 años					
Sin raleo	18.17(0.93) b	16.72(0.63) a	22.89(1.94) a	219.40(23.3) a	814.9(33.8) a
Con raleo	20.45(0.97) a	17.24(0.38) a	20.84(1.85) a	198.12(21.4) a	599.1(29.5) b
Plantación 3:					
9 años					
Sin raleo	14.90(0.62) b	13.05(0.44) b	17.50(1.63) a	133.52(13.8) a	898.8(51.2) a
Con raleo	17.26(0.94) a	14.27(0.61) a	16.67(1.80) a	141.98(17.9) a	637.1(28.0) b

Para cada plantación los promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna (P < 0.05).

La interacción entre el factor especie y el factor raleo fue significativa para la variable diámetro, es decir, existe una relación positiva entre el raleo y el crecimiento en diámetro (Cuadro 4.5). Cuando la interacción es significativa, los factores no son independientes entre sí y la magnitud de un efecto simple depende del nivel del otro factor del término de la interacción (Steel y Torrie 1988). Ya cuando comparamos la altura total la interacción no es significativa, y se puede concluir que los factores en consideración (especie y raleo) son independientes entre si para esta variable (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 - DAP, altura total, área basal, índice de volumen y árboles por hectárea en plantaciones forestales puras y mixtas de especies nativas con raleo y sin raleo en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.

Especie	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)	Árboles/ha
Plantación 1: 10.3 años					
<i>C. brasiliense</i> SR	15.52(0.34)	12.93(0.30)	17.14(0.59)	117.4(7.1)	892.7(24.3)
<i>C. brasiliense</i> CR	19.43(0.40)	12.95(0.21)	16.24(0.72)	112.9(5.9)	550.7(37.5)
<i>V. guatemalensis</i> SR	21.85(0.92)	19.21(0.70)	31.50(1.33)	319.7(20.5)	848.2(56.3)
<i>V. guatemalensis</i> CR	25.11(1.00)	18.62(0.63)	27.59(5.16)	283.0(59.7)	550.5(188.7)
<i>J. copaia</i> SR	20.16(0.15)	21.32(0.29)	32.25(1.98)	359.0(21.2)	1012(68.7)
<i>J. copaia</i> CR	23.40(0.76)	22.75(0.68)	25.46(1.04)	304.2(18.2)	595.5(34.4)
<i>S. microstachyum</i> SR	0	0	0	0	0
<i>S. microstachyum</i> CR	0	0	0	0	0
Mezcla de las 4 especies SR	18.42(0.79)	17.69(0.75)	58.20(1.76)	735.1(34.3)	1429(34.5)
Mezcla de las 4 especies CR	26.80(0.49)	24.29(0.89)	32.75(3.68)	497.2(69.7)	477.2(42.0)
Plantación 2: 10 años					
<i>V. koschnyi</i> SR	20.15(0.58)	18.25(0.54)	30.26(0.91)	294.1(18.2)	952.5(34.4)
<i>V. koschnyi</i> CR	23.50(0.84)	18.89(0.59)	26.84(3.29)	265.9(38.5)	610.0(37.4)
<i>D. panamensis</i> SR	13.21(0.40)	14.12(0.33)	12.20(0.57)	86.2(4.9)	863.0(17.3)
<i>D. panamensis</i> CR	14.62(0.36)	15.60(0.43)	11.26(1.17)	87.9(9.5)	669.5(65.9)
<i>T. amazonia</i> SR	21.27(0.79)	19.06(0.42)	22.48(0.39)	246.7(9.4)	625.0(38.3)
<i>T. amazonia</i> CR	23.11(0.62)	17.71(0.30)	19.09(0.91)	180.0(12.3)	461.5(44.7)
<i>P. guachapele</i> SR	0	0	0	0	0
<i>P. guachapele</i> CR	0	0	0	0	0
Mezcla de las 4 especies SR	18.07(1.84)	15.47(1.43)	26.61(3.59)	250.6(45.5)	819.0(28.4)
Mezcla de las 4 especies CR	20.56(0.98)	16.75(0.52)	26.17(1.59)	258.7(22.1)	665.5(24.3)
Plantación 3: 9 años					
<i>G. americana</i> SR	10.72(1.31)	10.04(1.18)	6.31(1.77)	37.5(12.6)	640.0(50.8)
<i>G. americana</i> CR	11.30(1.18)	9.81(1.00)	5.96(1.23)	35.4(9.0)	565.5(38.5)
<i>V. ferruginea</i> SR	18.17(0.20)	14.70(0.12)	23.19(2.72)	180.9(22.3)	848.3(112.3)
<i>V. ferruginea</i> CR	23.39(0.61)	19.96(0.20)	26.20(2.41)	234.4(23.3)	595.3(42.0)
<i>H. alchorneoides</i> SR	14.75(0.50)	13.93(0.20)	15.10(1.27)	116.2(10.6)	892.5(103.1)
<i>H. alchorneoides</i> CR	15.93(0.43)	14.72(0.53)	11.57(0.89)	95.5(9.3)	580.3(37.6)
<i>B. elegans</i> SR	16.09(0.58)	13.53(0.53)	20.95(1.86)	158.3(18.3)	1012(41.9)
<i>B. elegans</i> CR	17.20(0.33)	13.76(0.29)	16.76(1.32)	129.8(9.7)	729.3(81.9)
Mezcla de las 4 especies SR	14.80(0.37)	13.07(0.29)	21.90(1.89)	174.6(16.3)	1102(120.1)
Mezcla de las 4 especies CR	18.48(0.70)	16.12(0.42)	22.87(1.58)	214.8(15.4)	715.0(73.1)

Para cada especie los promedios están seguidos del error estándar.

Solamente en la plantación 1 la interacción entre los dos factores fue significativa para las variables área basal y volumen, existiendo una relación negativa entre el raleo y la productividad volumétrica por hectárea, es decir, el raleo ha promovido una disminución significativa del volumen total en las parcelas de las especies que componen la plantación 1 (Cuadro 4.5).

4.4. Discusión

4.4.1. Comportamiento de las especies y sistemas de producción

Muchas de las especies utilizadas en la presente investigación son las que fueron más ampliamente adoptadas para la reforestación entre los productores del Cantón de Sarapiquí. Esa alta representatividad de especies nativas en la zona se debe a ensayos que demostraron que las especies presentaban buen comportamiento silvicultural (Butterfield 1990, Espinoza y Butterfield 1990, Montagnini *et al.* 1995) y también a los incentivos para la reforestación brindados por el gobierno a pequeños y medianos productores.

Las especies con mejores crecimientos fueron *V. guatemalensis*, *T. amazonia*, *J. copaia*, *V. koschnyi* y *V. ferruginea*. *V. guatemalensis* obtuvo un alto crecimiento en condiciones puras y mixtas, con crecimientos comparables a los encontrados en otros ensayos en la misma zona a edades más tempranas (Butterfield y Espinoza 1995, Haggard *et al.* 1998). *T. amazonia* fue una de las especies más promisorias y presentó crecimiento comparable con el reportado por Nichols (1994) para la zona Sur de Costa Rica. Otro aspecto positivo para *T. amazonia* en comparación a las otras especies de buen crecimiento es que posee madera de mayor densidad y valor (Carpi 1992) y figura como una buena alternativa para los productores.

El crecimiento encontrado en el presente ensayo para *V. guatemalensis* y *T. amazonia* coinciden con el crecimiento encontrado en las plantaciones comerciales de los productores (Capítulo 3), reforzando la hipótesis de que esas dos especies son las más promisorias para la reforestación en la zona.

De las especies utilizadas en la investigación, *S. microstachyum* y *P. guachapele* mostraron que tienen problemas de sobrevivencia en plantaciones, principalmente por la fuerte incidencia de plagas y enfermedades. Aunque otros autores reportan elevadas tasas de sobrevivencia en las fases iniciales de desarrollo de la plantación (González y Fisher 1994,

Butterfield 1996, Haggar *et al.* 1998) esas especies han tenido alta mortalidad en fases más adultas. Ese problema fue expresado claramente por *P. guachapele* que a los 3 años de edad presentaba alta sobrevivencia (Montagnini *et al.* 1995) y a los 10 años de edad los árboles estaban prácticamente todos muertos.

Comparando los presentes resultados de crecimiento con los reportados por Montagnini *et al.* (1995) para el mismo ensayo a edades más tempranas se observa que mediciones en plantaciones jóvenes pueden no dar resultados que se mantengan a largo plazo para algunas especies. En las plantaciones 1 y 2 la tendencia de crecimiento de las especies se ha mantenido y las especies con mejor desarrollo a edades tempranas continúan siendo las más promisorias. Sin embargo, en la plantación 3 la tendencia de crecimiento de las especies ha cambiado claramente. *V. ferruginea* a los 24 meses de edad fue la especie con menor diámetro y altura (Montagnini *et al.* 1995) y actualmente es la especie con el mayor diámetro. Por otro lado, las parcelas de *H. alchorneoides* no han mantenido el rápido crecimiento inicial y presentaron un bajo volumen a los 9 años. En plantaciones mixtas esa especie alcanzó mejores crecimientos combinada con especies de rápido crecimiento y aparenta ser una alternativa para el productor que busca una mayor gama de productos en diferentes períodos. Aunque necesita de un manejo más intensivo en las fases iniciales del desarrollo de la plantación, con la aplicación de podas de formación, para garantizar fustes de mejor calidad para la cosecha final, pues los árboles de esa especie tienden a tener problemas de forma y bifurcación (Capítulo 3).

La disminución de la competencia intraespecífica en las plantaciones mixtas probablemente sea una de las causas de mayores crecimientos para la mayoría de las especies (Montagnini *et al.* 1997). Las especies que crecieron mejor en condiciones puras fueron especies de madera dura y lento crecimiento, *C. brasiliense* y *G. americana*, que fueron suprimidas en la mezcla por las especies de más rápido crecimiento.

Para la mayoría de las especies estudiadas el sistema de plantaciones mixtas parece ser el más adecuado para atender una mayor amplitud de opciones, tales como producción, protección del sitio y conservación de la biodiversidad (Keenan *et al.* 1999). Sin embargo, el éxito del establecimiento de plantaciones forestales mixtas depende del diseño de la plantación y de una apropiada definición de las especies, considerando aspectos ecológicos y silviculturales (Wormald 1992). Esos aspectos técnicos y operacionales relacionados al establecimiento de

plantaciones mixtas muchas veces son la gran limitante en la adopción y éxito de estos sistemas por los productores, que normalmente utilizan pocos insumos y tecnología en la reforestación.

4.4.2. Necesidad de las prácticas silviculturales

Durante el período 1979-1995 fueron reforestados un total de 170.000 has con especies forestales maderables mediante el sistema de incentivos en toda Costa Rica (MINAE-SINAC 1996).

Aunque las especies exóticas como *G. arborea* y *T. grandis*, fueron las más utilizadas en extensas áreas, en fincas de pequeños y medianos productores del trópico húmedo las especies nativas fueron más utilizadas de manera generalizada, cultivadas comúnmente en pequeñas áreas que no sobrepasan los 5 ha. La poca información existente sobre el comportamiento de especies nativas en la reforestación contemplan solamente la fase inicial de desarrollo de las plantaciones y estudios con diferentes intensidades de manejo aplicados a esas especies son prácticamente inexistentes.

Para especies exóticas la bibliografía es más amplia y los resultados de la presente investigación parecen corroborar con las respuestas esperadas de un raleo. La altura de los árboles no fue afectada por las diferentes intensidades de raleo que coincide al reportado por Aguiar *et al.* (1995) para *Eucalyptus citriodora* en Brasil y por Espinosa *et al.* (1994) para *Pinus radiata* en Chile. Esos resultados concuerdan con lo mencionado por Simões *et al.* (1981), donde el manejo de la densidad del rodal tiene muy poco efecto sobre el crecimiento en altura, excepto en rodales muy densos o muy abiertos.

De una manera general, el diámetro de los árboles fue afectado por el tratamiento de raleo y quedó evidente la tendencia de obtener mayores diámetros donde la densidad de árboles es menor, pues el crecimiento puede ser repartido en un menor número de árboles. Esos resultados eran esperados y otros estudios confirman tal tendencia (Ugalde 1983, Espinosa *et al.* 1994, Amateis *et al.* 1996, Ruiz *et al.* 1996).

Sin embargo, no siempre el raleo genera respuestas favorables de mejoramiento silvicultural si algunos de los elementos involucrados no concurren favorablemente al mejor

desempeño de las liberaciones proporcionadas (Cozzo 1991). Algunas especies en este estudio no han presentado un significativo crecimiento del diámetro después de los raleos, caso de *H. alchorneoides* y *B. elegans*.

Aparentemente los aspectos que pueden haber actuado negativamente en la respuesta de algunas especies al raleo, pueden haber sido la alta densidad inicial de la plantación y la aplicación del raleo con bajas tasas de extracción del arbolado, resultando insuficiente para suscitar respuestas explícitas, en cuanto a la debida incrementación de las respectivas tasas de crecimiento (Cozzo 1991). Raleos con baja intensidad brindan al rodal relativamente poca posibilidad para un adecuado desarrollo de las copas de los árboles para un período mayor de uno a dos años, mientras que raleos más fuertes pueden asegurar períodos de cuando menos 2 años sin realizar nuevos raleos (Ugalde 1983).

Por otro lado, Aguiar *et al.* (1995) mencionan que raleos con intensidad superior a 60% no son apropiados pues reducen mucho la cantidad de árboles en el rodal sin beneficiar el crecimiento. Esa propuesta es corroborada por Bertolotti (1983) que relata que los árboles poseen una capacidad limitada de utilizar todo el espacio que se les ofrece en el interior del rodal, después de un fuerte raleo.

4.5. Conclusiones

La mayoría de las especies nativas utilizadas mostraron un buen potencial productivo en plantaciones experimentales, principalmente *Vochysia guatemalensis*, *Jacaranda copaia*, *Virola koschnyi*, *Terminalia amazonia* y *Vochysia ferruginea*.

Las plantaciones mixtas con especies de rápido y lento crecimiento han incrementado el volumen total del rodal, con la ventaja adicional de incluir especies de alto valor comercial y figuran como una alternativa para productores que buscan una mayor diversidad de productos forestales.

El raleo es recomendable cuando el objetivo es madera de aserrío, ya que puede ofrecer un adecuado espacio para el desarrollo del dosel y permitir una mayor distribución del crecimiento volumétrico en un número menor de árboles de mejor forma y calidad en menor tiempo.

La utilización de espaciamientos iniciales amplios y la aplicación de raleos con altas tasas de extracción del arbolado, pueden promover el aumento de las tasas de crecimiento y disminuir los costos del establecimiento y manejo de la plantación.

Sin embargo, para lograr determinar el mejor espaciamiento y el mejor esquema de raleo para estas especies, ampliamente utilizadas por productores de Costa Rica, es necesario cubrir un gran rango de sitios, edades y densidades iniciales.

4.6. Literatura citada

- Aguiar, IB; Valeri, SV; Spinelli, P; Sartori Filho, A; Pires, CAM. 1995. Efeito de intensidades de desbaste sobre o crescimento em altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* Hook. IPEF (Piracicaba) 48/49: 1-7.
- Amateis, RL; Radtke, PJ; Burkhart, HE. 1996. Growth and yield of thinned and unthinned plantations. *Journal of Forestry* 94(12): 19-23.
- Bertoloti, G. 1983. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. IPEF (Piracicaba) 24: 47-54.
- Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. *Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volume 2. Montreal, Canada.* p 3-14.
- Butterfield, R; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests* 9: 135-145.
- Butterfield, R. 1996. Early species selection for tropical reforestation: a consideration of stability. *Forest Ecology and Management* 81: 161-168.
- Carpio, IM. 1992. Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 338 p.
- Cozzo, D. 1991. Cuando los raleos no pueden promover claras respuestas de mejoramiento silvicultural: ejemplos de estudios en plantaciones de especies tropicales de *Pinus* en campos "cerrados" de Uberlandia, MG, Brasil Central. *Yvyrareta (Argentina)* 2(2): 51-69.

- Espinosa, M; Garcia, J; Valeria, O. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. *Bosque (Chile)* 15(1): 55-65.
- Espinoza, M; Butterfield, R. 1990. Adaptabilidad de 13 especies nativas bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas de Costa Rica. En: R. Salazar (Editor), Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Actas Reunión IUFRO, Guatemala, Abril de 1989. CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 159-172.
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106: 195-203.
- Holdridge, LR; Poveda, LJ. 1975. Árboles de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 546 p.
- Jiménez, Q; Poveda, LJ. 1997. Lista actualizada de los árboles maderables de Costa Rica. Aportes al Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 36 p.
- Keenan, RJ; Lamb, D; Parrotta, J; Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9 (1/2): 117-134.
- MINAE-SINAC. 1996. Información estadística relevante sobre el sector forestal 1972-1995. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José, Costa Rica.
- Montagnini, F; González, E; Rheingans, R; Porras, C. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Montagnini, F; Sancho, F; González, E; Porras, C; Moulart, A; Monaco, A. 1997. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas para la reforestación de terrenos degradados en Costa Rica: estudio comparativo del crecimiento, daño por plagas, regeneración natural y costos de establecimiento. *Biocenosis*, 12(1): 25-34.

- Newbould, PJ. 1967. Methods for estimating the primary production of forest. IBP Handbook 2. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 62 p.
- Nichols, D. 1994. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell.: development of native species for reforestation and agroforestry. Commonwealth Forestry Review 73(1): 9-13.
- Ruíz, M; Fierros, AM; Ramírez, H. 1996. Efecto inicial del aclareo en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Sabana, Oaxaca. Revista Ciencia Forestal en México 21(80): 25-38.
- Sancho, F; Mata, R. 1987. Estudio detallado de suelos. Estación Biológica La Selva. Organización de Estudios Tropicales. San José, Costa Rica. 162 p.
- Simões, JW. 1981. Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento. Brasília. IBDF. 131 p.
- Steel, RGD; Torrie, HD. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill/Interamericana de México. 2 ed. 622 p.
- Ugalde, L. 1983. Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleo selectivo en *Eucalyptus deglupta* en Turrialba, Costa Rica. Turrialba 33(2): 143-150.
- Valverde, JM. 1995. Importancia de los raleos en las plantaciones forestales. En: Taller Nacional de Investigación Forestal y Agroforestal (III, 1995, Cañas, Costa Rica). Memoria. p. 160-171
- Vásquez, W. 1986. Tres intensidades de raleo en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: análisis de 10 años de crecimiento en un diseño cuadrado latino. INFORAT-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 15 p.
- Wadsworth, FH. 1997. Forest Production for Tropical America. United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.
- Wormald, TJ. 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. FAO n° 103. 166 p.

5. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas del trópico seco de Costa Rica: una comparación de crecimiento y productividad.

5.1. Introducción

Las fuentes de maderas preciosas tropicales se están agotando paulatinamente, debido a los altos niveles de extracción aplicados en el manejo de bosques naturales (Veríssimo *et al.* 1995). Paralelamente en los últimos años ha aumentado el interés de establecer plantaciones forestales con especies nativas en proyectos de reforestación, como una alternativa para suplir los mercados de maderas tropicales existentes y contener la sobreexplotación de los recursos naturales.

En Costa Rica la mayoría de los ensayos con especies nativas para la reforestación empezaron en los años 80 y han sido establecidos en las regiones del trópico húmedo (Butterfield 1990, Butterfield y Espinoza 1995, González y Fisher 1994, Nichols 1994, Montagnini *et al.* 1995, Arguedas y Chaverri 1997, Hagggar *et al.* 1998). En el trópico seco, donde la cobertura forestal ha sido reducida a una pequeña fracción del área original (Janzen 1988), la investigación del comportamiento de especies nativas en plantaciones forestales es aún incipiente.

Las plantaciones monoespecíficas predominan en el trópico al nivel mundial (Evans 1999). Los proyectos forestales han siempre utilizado un pequeño grupo de especies exóticas que presentan facilidades silviculturales, tales como propagación por una gran variedad de métodos, fácil establecimiento y crecimiento inicial rápido, y pueden ser utilizadas para muchos productos con mercados ya establecidos (Keenan *et al.* 1999). Sin embargo, muchas especies nativas también pueden tener un alto valor comercial, y utilizando esas especies, además de satisfacer objetivos económicos, se pueden hacer proyectos de reforestación más aceptables en el ámbito social y ecológico (Ball *et al.* 1995).

Para las especies nativas el sistema de plantaciones mixtas parece ser el más adecuado para atender una mayor amplitud de opciones, tales como producción, protección del sitio, conservación de la biodiversidad, y para la restauración de áreas degradadas (Montagnini *et al.* 1995, Keenan *et al.* 1995, Guariguata *et al.* 1995, Parrota y Knowles 1999). Las plantaciones mixtas pueden producir más biomasa por unidad de área porque la competencia entre individuos es reducida y el sitio es utilizado integralmente (Montagnini *et al.* 1995). Las raíces de diferentes

especies ocupan diferentes estratos del suelo (Lamb y Lawrence 1993) y más energía solar puede ser capturada porque diferentes especies tienen diferentes requerimientos lumínicos y por tener copas ampliamente distribuidas en el plano vertical (Guariguata *et al.* 1995).

Sin embargo, el éxito del establecimiento de plantaciones forestales mixtas depende del diseño de la plantación y de una apropiada definición de las especies, considerando aspectos ecológicos y silviculturales (Wormald 1992). Existen pocas informaciones referentes al crecimiento de los árboles nativos del trópico seco y las experiencias comparando plantaciones forestales puras y mixtas son raras.

Este trabajo presenta los resultados de dos plantaciones experimentales con árboles nativos en parcelas puras y mixtas en el trópico seco de Costa Rica. Se analizó el crecimiento y la productividad de 13 especies nativas y se comparó el desarrollo de plantaciones de árboles nativos en condiciones puras y mixtas con el desarrollo de *Tectona grandis*, especie exótica ampliamente utilizada en la zona.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Descripción del sitio

Las parcelas estudiadas fueron establecidas en julio de 1995 en la Península de Nicoya, pacífico norte de Costa Rica (coordenadas 10°01' Norte y 85°42' Oeste) en tierras donde anteriormente se practicaba la ganadería y que actualmente pertenecen a la empresa privada Maderas de Costa Rica S.A. del grupo Precious Woods, que ha reforestado sus fincas principalmente con plantaciones puras de *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata*. El área experimental se encuentra a una elevación sobre el nivel del mar que varía entre 10 y 100 metros y temperatura media anual de 27.5°C. La precipitación media anual es 2350 mm, con cinco meses secos al año y seis meses con precipitación mayor a 50 mm. Las réplicas del ensayo fueron ubicadas en sitios con diferentes condiciones de pendiente y pedregosidad (Cuadro 5.1). En general en la zona predominan los suelos Typic Haplustalf, con fertilidad desde media a alta.

Cuadro 5.1 - Características de suelos en las réplicas de plantaciones forestales experimentales, a los 68 meses de edad, en las Fincas Garza y Ostional, Nicoya, Costa Rica.

Réplica	1	2	3	4
Finca	Garza	Ostional	Ostional	Ostional
Pendiente (%)	15	0	45	70
Pedregosidad*	Baja	Baja	Alta	Media
Materia Orgánica (%)	5.4	8.1	7.4	4.3
pH (agua)	6.4	5.9	7.3	6.6
Nitrógeno (%)	0.28	0.41	0.37	0.24
Fósforo (mg/l)	3.1	3.5	1.9	1.6
Calcio (cmol/l)	24.51	19.90	35.89	28.27
Potasio (cmol/l)	0.48	0.22	0.20	0.40
Magnesio (cmol/l)	6.09	8.14	2.99	8.60

* Baja (1-10%), Media (11-30%) y Alta (>30%).

5.2.2. Metodología

Fueron establecidas dos plantaciones conformadas por siete especies nativas de la zona, una plantación es producto de la utilización de seis especies localmente conocidas como de lento crecimiento (Plantación 1) y la otra de seis especies localmente conocidas como de rápido crecimiento (Plantación 2), más la especie *Platymiscium pimatum* que fue utilizada en las dos plantaciones (Cuadro 5.2). Los criterios de escogencia de las especies fueron la tasa de crecimiento, valor de la madera y disponibilidad de material vegetativo en la zona.

Cada plantación fue montada en bloques completos al azar, con cuatro réplicas y nueve tratamientos: cuatro parcelas de especies puras para cada especie nativa, cuatro parcelas de especies mixtas (con la mezcla de las siete especies nativas), y cuatro parcelas puras de *Tectona grandis* como testigo. La distancia de plantación inicial fue 3m x 3m. Cada parcela de plantación pura era de 15m x 15m, con un total 25 árboles. Cada parcela de plantación mixta era de 30m x 42m, con un total de 140 árboles (20 árboles por especie) distribuidos completamente al azar en la parcela.

Cuadro 5.2 - Características de las 14 especies cultivadas en plantaciones forestales experimentales mixtas y puras en las Fincas Garza y Ostional, Nicoya, Costa Rica.

Especie	Familia	Distribución natural
Plantación 1		
<i>Platymiscium parviflorum</i> Benth.	Fabaceae-Pap	Sur de México a Venezuela
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	México a Brasil y Bolivia
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	México, Sur América y Antillas
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand ex Seem.	Fabaceae-Pap	Sur de México a Venezuela
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anarcadiaceae	México a Paraguay
<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.	Fabaceae-Pap	Suroeste de México a Panamá
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill	Fabaceae-Mim.	México a Brasil y Paraguay
Plantación 2		
<i>Vatairea lundelli</i> (Standl.) Killip	Fabaceae-Pap	Sur de México a Brasil
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Combretaceae	Honduras hasta la amazonia
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms	Fabaceae-Mim.	México hasta Colombia y Venezuela
<i>Anarcadium excelsum</i> (Bert. & Balb. ex Kunth) Skeels	Anarcadiaceae	Honduras hasta Ecuador y Guyanas
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand ex Seem.	Fabaceae-Pap	Sur de México a Venezuela
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst.	Sterculiaceae	México al norte de Brasil y Antillas
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae-Caes.	Sur de México a Brasil
Testigo		
<i>Tectona grandis</i> (L.f.) Lam.	Verbenaceae	Asia, Malasia e Indochina

Fuente: Jiménez & Poveda 1997, Salazar 2000.

En cada una de las parcelas se realizó la medición del DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura total de todos los árboles a los 16, 46 y 68 meses de edad, sin descartar bordes. Los promedios de altura total, DAP, área basal, índice de volumen y sobrevivencia fueron calculados para cada parcela. Fue realizado un análisis de variancia para todas las variables para la comparación entre especies y las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Duncan. Para el cálculo del índice de volumen se utilizó un factor de forma de 0.5 sugerido por Newbould (1967). Para las variables de productividad (área basal e índice de volumen) fue necesario realizar pruebas de covariancia, utilizando sobrevivencia como covariable, para una mejor comparación entre especies, ya que los niveles de mortalidad encontrados fueron relativamente altos para la mayoría de las especies, lo que promovió altas desviaciones estándares, disminuyendo la potencia de los análisis de variancia aplicados en primer instancia.

5.3. Resultados

En la plantación 1, los resultados de las mediciones tomadas a los 68 meses de edad mostraron que *S. saman* y *D. retusa* fueron las especies con mejor crecimiento en altura, seguidos de *A. graveolens* y *S. macrophylla*, sin diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las plantaciones puras y mixtas. Sin embargo, *C. odorata* fue una especie que presentó buen crecimiento en altura en plantaciones mixtas y el más bajo crecimiento en altura de todas las especies en plantaciones puras, con diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las parcelas puras y mixtas.

El crecimiento en diámetro de *C. odorata* en la plantación 1 en las parcelas mixtas fue el más expresivo, seguido por *S. saman*, *S. macrophylla*, *A. graveolens* y *D. retusa*, sin diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las parcelas puras y mixtas, con excepción de *C. odorata* que presentó el crecimiento diamétrico más bajo de todas las especies en condiciones puras, con diferencias altamente significativas ($P < 0.05$) comparado a las parcelas mixtas. *P. parviflorum* y *P. pinnatum* fueron las especies que mostraron las tasas más bajas de crecimiento, sin diferencias significativas entre las plantaciones puras y mixtas. Solamente *S. saman* y *P. pinnatum* presentaron mejores crecimientos en condiciones puras, las demás especies presentaron mayor crecimiento en condiciones mixtas.

D. retusa y *S. saman* mostraron la más alta tasa de sobrevivencia en la plantación 1, seguidas por *A. graveolens* y *S. macrophylla*. *C. odorata* mostró la tasa más baja de sobrevivencia. Ninguna especie presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) de sobrevivencia entre las parcelas puras y mixtas.

En la plantación 2, a los 68 meses de edad, los resultados de las mediciones mostraron que el crecimiento en altura y diámetro de *S. parahyba*, en las parcelas puras y mixtas fue el más expresivo, seguido por *T. oblonga*, *A. excelsum* y *P. guachapele*, sin diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las parcelas puras y mixtas. *V. lundelli*, *P. pinnatum* y *S. apetala* fueron las especies que mostraron las tasas más bajas de crecimiento en altura y diámetro, sin diferencias significativas entre las plantaciones puras y mixtas. Solamente *P. pinnatum* mostró mejores crecimientos en condiciones puras, las demás especies de la plantación 2 presentaron mayor crecimiento en condiciones mixtas.

P. guachapele mostró la más alta tasa de sobrevivencia en la plantación 2, las demás especies presentaron una alta tasa de mortalidad. *P. pinnatum*, *V. lundelli* y *S. apetala* mostraron tasas de sobrevivencia inferiores a los 20%. *P. pinnatum* presentó mejor sobrevivencia en condiciones puras, las demás especies mostraron mayores tasas de sobrevivencia en condiciones mixtas. Solamente *A. excelsum* presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) de sobrevivencia entre las plantaciones puras y mixtas. Comparando la plantación 1 y 2, se observa que en general las especies de la plantación 1 presentaron una mayor sobrevivencia.

Notablemente las parcelas puras de *T. grandis* utilizadas como testigo mostraron alta sobrevivencia y crecimiento y una baja variación entre las réplicas (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3 - Crecimiento y sobrevivencia a los 68 meses de edad.

Especie	Parcela	Altura Total (m)	dap (cm)	Sobrevivencia (%)
Plantación 1				
<i>Platymiscium parviflorum</i>	Pura	2.96(0.34)de	4.03(0.62)def	50.0(7.4)bcd
	Mixta	3.14(1.08)cde	4.39(1.51)def	35.0(21.9)cde
<i>Platymiscium pinnatum</i>	Pura	3.73(1.37)bcde	4.36(1.56)def	16.0(8.7)de
	Mixta	3.38(1.14)cde	3.60(1.24)ef	21.3(16.4)de
<i>Swietenia macrophylla</i>	Pura	4.92(0.64)bcd	7.86(1.13)bcde	62.0(19.2)abc
	Mixta	5.10(0.50)bcd	7.92(0.55)bcde	76.2(11.6)ab
<i>Cedrela odorata</i>	Pura	1.66(1.29)e	3.03(2.71)f	11.0(6.8)e
	Mixta	5.44(1.10)bc	10.98(2.49)ab	12.5(3.3)e
<i>Astronium graveolens</i>	Pura	4.71(0.67)bcd	6.48(1.04)cdef	66.0(19.5)abc
	Mixta	5.35(0.84)bcd	8.01(1.18)bcd	75.0(7.1)ab
<i>Dalbergia retusa</i>	Pura	5.40(0.34)bcd	6.99(0.61)bcdef	97.0(1.9)a
	Mixta	5.87(0.37)b	7.51(0.37)bcde	88.7(5.6)a
<i>Samanea saman</i>	Pura	6.09(0.29)b	9.89(0.72)bc	90.0(7.4)a
	Mixta	5.47(0.87)bc	9.25(1.96)bc	85.0(11.8)ab
<i>Tectona grandis</i>	Pura	10.71(0.34)a	14.04(1.05)a	90.0(5.3)a
Plantación 2				
<i>Vatairea lundelli</i>	Pura	2.87(1.25)def	4.17(1.71)de	13.0(6.8)ef
	Mixta	3.81(1.82)def	4.49(1.86)de	18.7(12.5)ef
<i>Terminalia oblonga</i>	Pura	5.51(2.21)def	7.22(2.83)cde	40.0(17.2)cdef
	Mixta	7.89(1.75)bcd	10.67(2.13)bcd	65.0(20.1)abc

Especie	Parcela	Altura Total (m)	dap (cm)	Sobrevivencia (%)
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Pura	5.04(0.28)def	8.09(1.01)bcde	90.0(2.6)ab
	Mixta	6.42(0.50)cde	9.79(0.43)bcd	92.5(3.3)a
<i>Anarcadium excelsum</i>	Pura	4.11(1.40)def	6.44(2.23)de	14.0(5.3)ef
	Mixta	6.90(1.07)cde	10.75(1.87)bcd	57.5(20.7)bcd
<i>Platymiscium pinnatum</i>	Pura	3.73(1.37)def	4.36(1.56)de	16.0(8.7)ef
	Mixta	0.96(0.96)f	1.31(1.31)e	12.5(12.5)ef
<i>Sterculia apetala</i>	Pura	2.13(1.33)ef	5.37(3.32)de	7.0(4.8)f
	Mixta	3.39(2.01)def	6.75(4.20)de	19.9(15.4)ef
<i>Schizolobium parahyba</i>	Pura	12.15(4.40)ab	14.66(4.93)b	28.0(19.1)def
	Mixta	16.38(1.43)a	26.06(2.75)a	46.2(6.6)cde
<i>Tectona grandis</i>	Pura	10.71(0.34)bc	14.04(1.05)bc	90.0(5.3)ab

Para cada plantación los promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna ($P < 0.05$).

Las plantaciones puras de *T. grandis* fueron las más productivas mostrando diferencias significativas ($P < 0.05$) en área basal, comparado a todas las especies y a la mezcla de especies en las dos plantaciones, con excepción de la plantación pura de *S. parahyba* (Cuadro 5.4).

La productividad de las especies nativas fue notablemente influenciada por las bajas tasas de sobrevivencia observadas en las dos plantaciones, y por la alta variabilidad genética dentro de las especies, comparado con *T. grandis*.

En la plantación 1, *S. saman* fue la especie con mejor productividad, presentando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las demás especies, utilizando la sobrevivencia como covariable. *D. retusa* y *S. macrophylla* también presentaron buena productividad, seguido por la mezcla de las siete especies. Las más bajas productividades fueron mostradas por *P. pinnatum*, *C. odorata* y *P. parviflorum*.

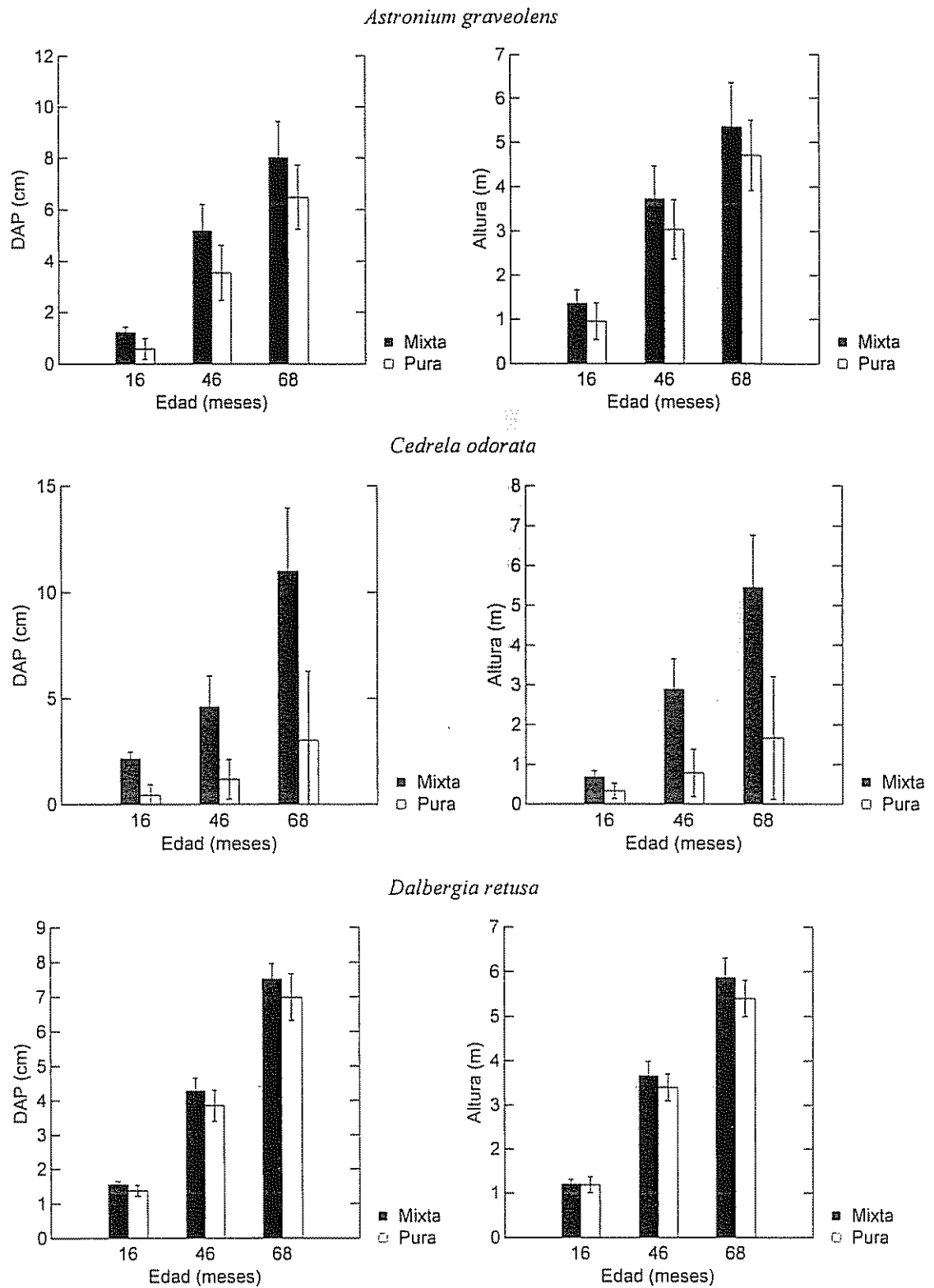
En la plantación 2, *S. parahyba* mostró la más alta productividad, seguida por la mezcla de las siete especies. Las demás especies presentaron bajos niveles de productividad (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4 - Área basal y volumen a los 68 meses de edad.

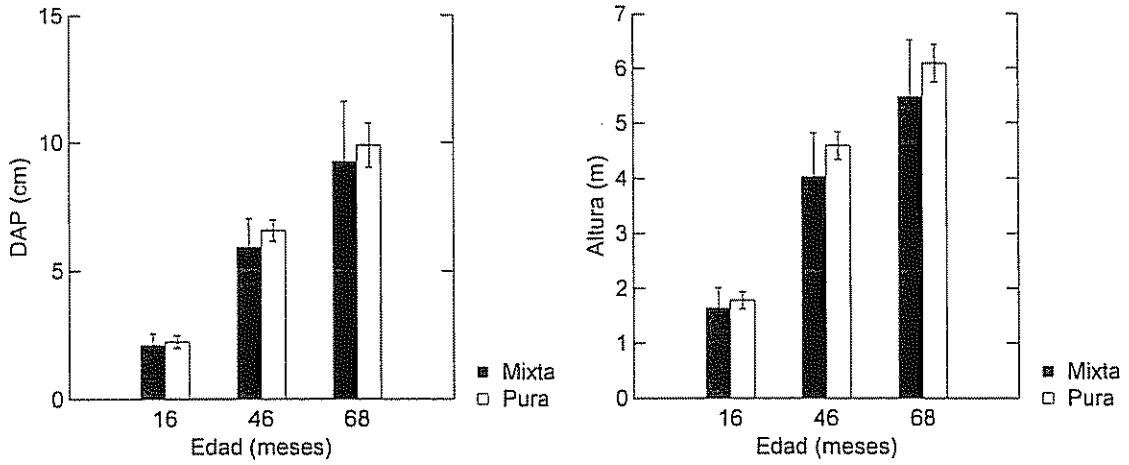
Especie	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)
Plantación 1		
<i>Platymiscium parviflorum</i>	0.77(0.27)de	1.51(0.55)c
<i>Platymiscium pinnatum</i>	0.39(0.16)e	1.05(0.40)c
<i>Swietenia macrophylla</i>	4.15(1.97)c	12.35(6.39)c
<i>Cedrela odorata</i>	0.44(0.44)e	1.21(1.21)c
<i>Astronium graveolens</i>	2.72(1.38)cde	8.86(5.41)c
<i>Dalbergia retusa</i>	4.24(0.77)c	12.60(2.83)c
<i>Samanea saman</i>	7.93(1.52)b	27.19(6.07)b
Mezcla de las 7 especies	3.43(0.70)cd	11.25(2.76)c
<i>Tectona grandis</i>	15.33(1.38)a	84.69(9.34)a
Plantación 2		
<i>Vatairea lundelli</i>	0.28(0.13)d	0.63(0.37)c
<i>Terminalia oblonga</i>	4.06(2.20)cd	19.67(11.34)bc
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	5.42(1.34)bcd	15.88(4.32)c
<i>Anarcadium excelsum</i>	0.97(0.47)d	3.69(2.04)c
<i>Platymiscium pinnatum</i>	0.39(0.16)d	1.05(0.40)c
<i>Sterculia apetala</i>	0.59(0.35)d	1.55(0.95)c
<i>Schizolobium parahyba</i>	10.51(7.71)ab	106.96(84.90)a
Mezcla de las 7 especies	8.04(2.21)bc	52.72(16.70)abc
<i>Tectona grandis</i>	15.33(1.38)a	84.69(9.34)ab

Para cada plantación los promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna (P < 0.05).

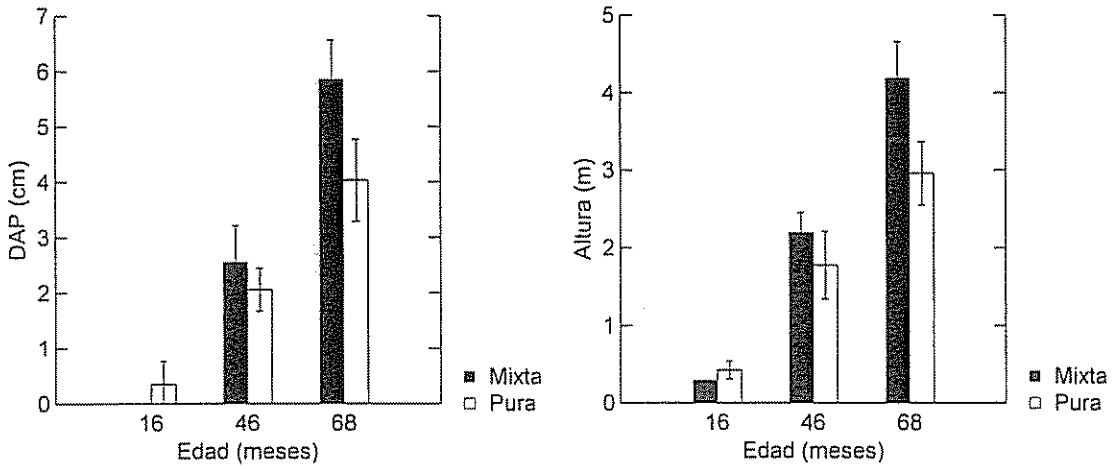
Figura 5.1 - DAP y Altura Total de todas las especies utilizadas en las plantaciones 1 y 2 en parcelas puras y mixtas.



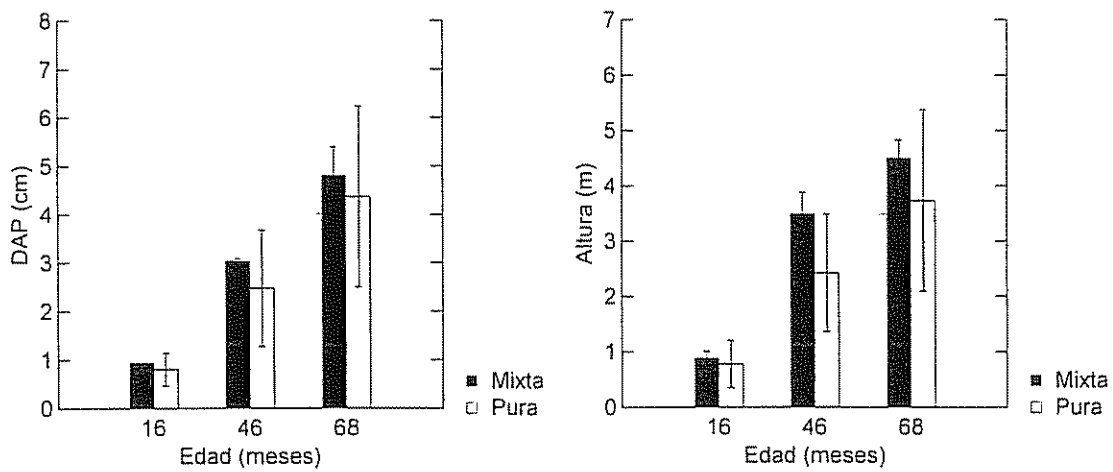
Samanea saman



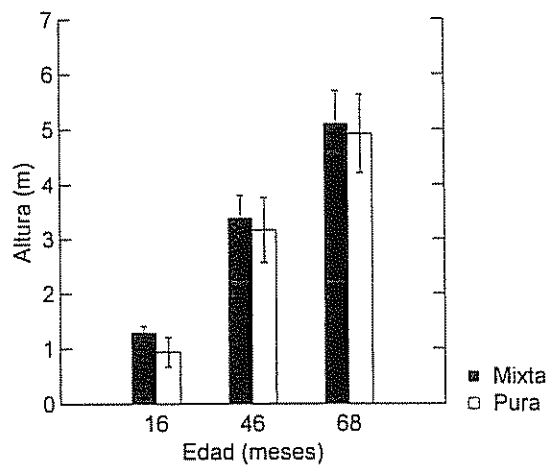
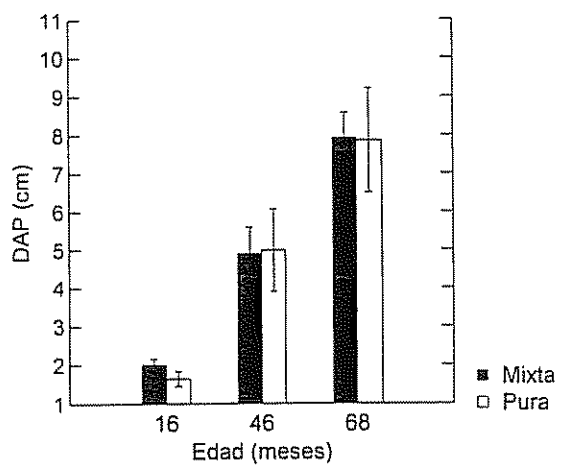
Platymiscium parviflorum



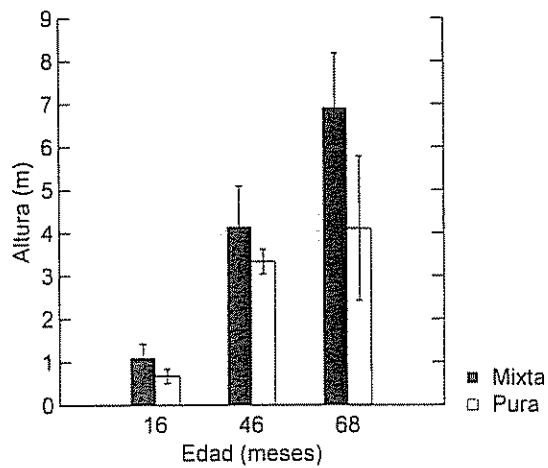
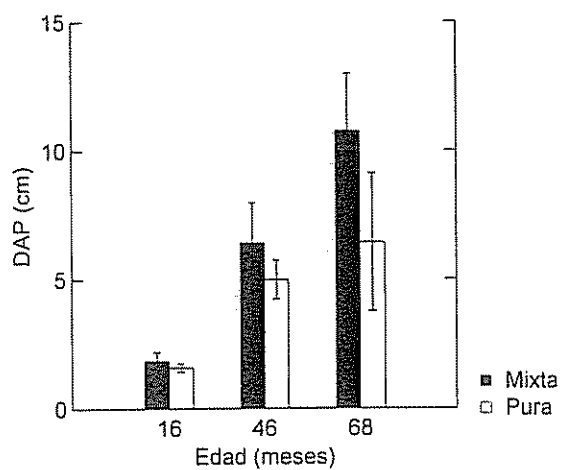
Platymiscium pinnatum (Plantación 1)



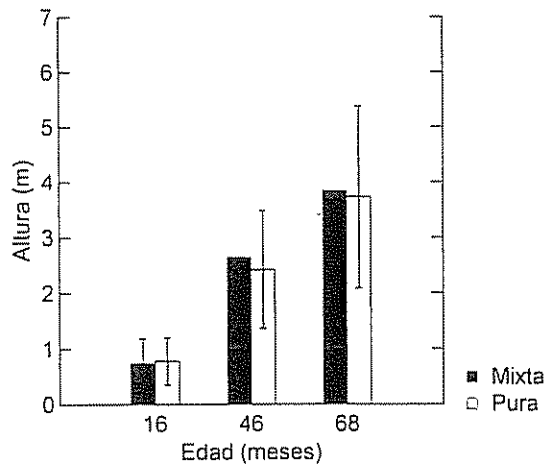
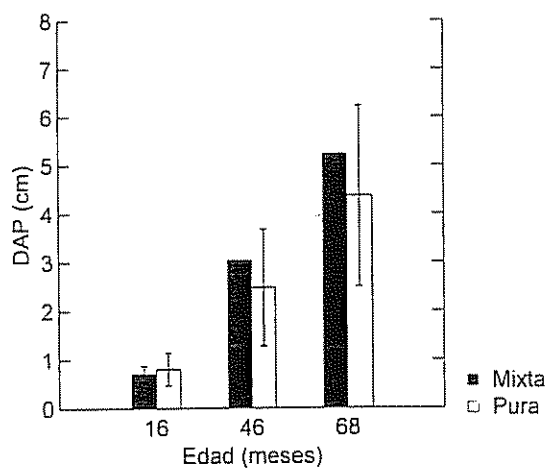
Swietenia macrophylla



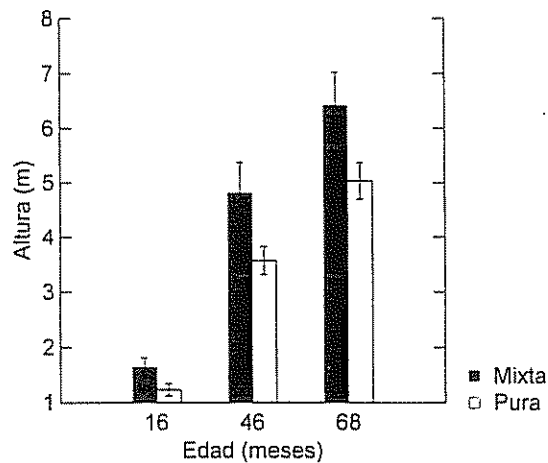
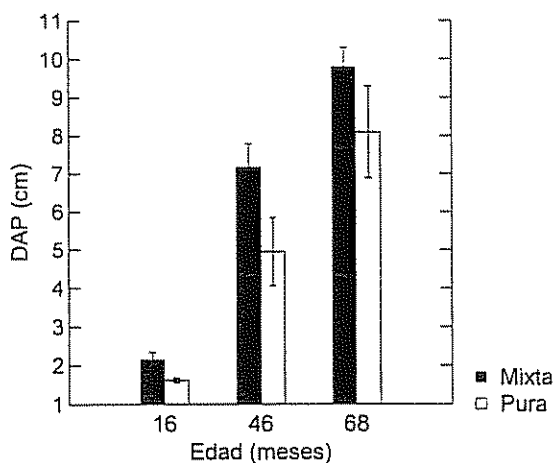
Anarcadium excelsum



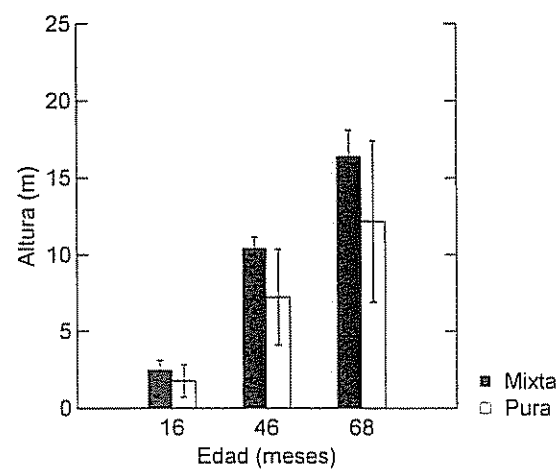
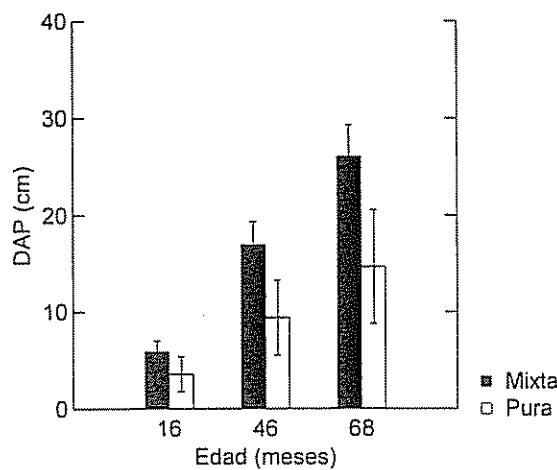
Platymiscium pinnatum (Plantación 2)



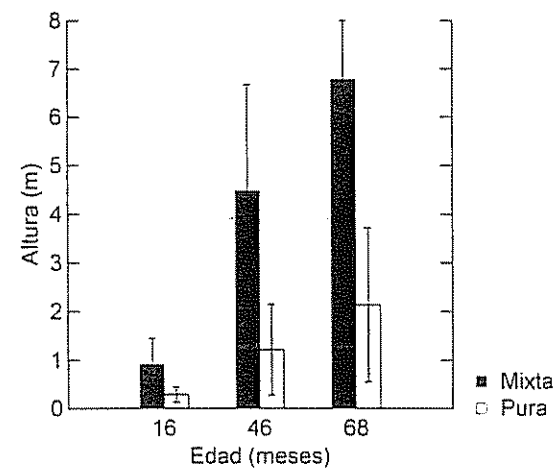
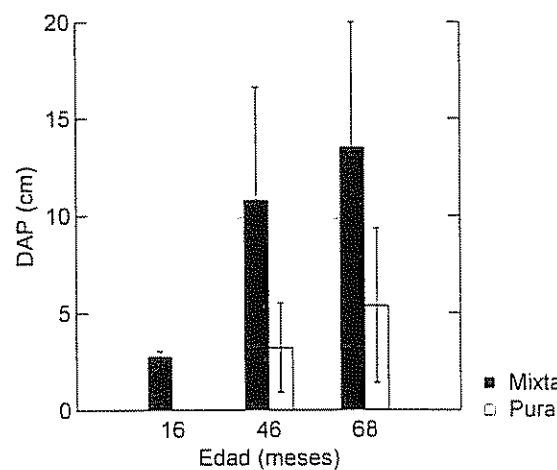
Pseudosamanea guachapele



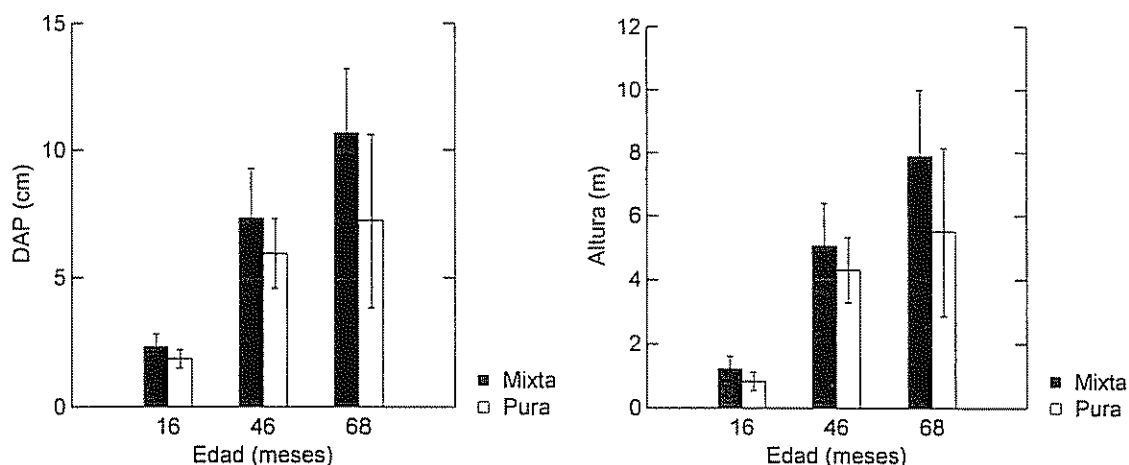
Schizolobium parahyba



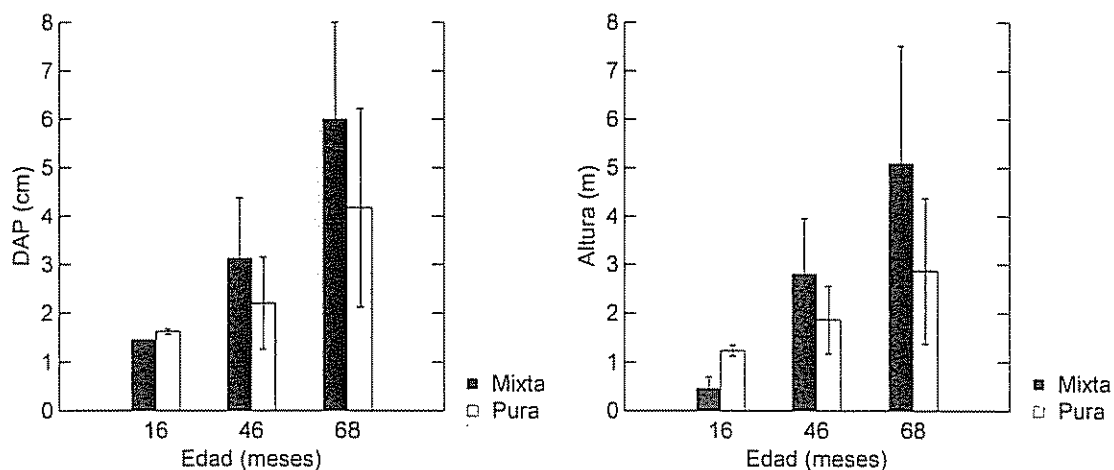
Sterculia apetala



Terminalia oblonga



Vatairea lundelli



5.4. Discusión

Las especies del trópico seco más estudiadas en plantaciones forestales son las meliáceas *C. odorata* y *S. macrophylla* que desde 1991 tienen unidades de mejoramiento genético establecidas en Costa Rica (Mesén 1996). De las especies utilizadas en la investigación, *C. odorata* fue la especie que presentó la mayor mortalidad provocada principalmente por su susceptibilidad a periodos largos de sequía (5 a 6 meses) en la fase de establecimiento, y por repetidos ataques de *Hypsipyla grandella*, tanto en plantaciones puras como mixtas. Sin embargo, los pocos individuos remanentes presentaron un crecimiento diamétrico extremadamente superior en plantaciones mixtas. Probablemente porque la frecuencia de ataques de *H. grandella* puede haber sido reducida por la presencia de especies con diferentes características de copa y

por la menor densidad de plantas por hectárea. Timyan (1996) en condiciones climáticas parecidas en Haití encontró una sobrevivencia de *C. odorata* de 50% y Butterfield (1993), en plantaciones mixtas en el trópico húmedo de Costa Rica, de 62%, bastante superiores al encontrado en el trópico seco de Costa Rica. En la zona de San Carlos, Costa Rica, plantaciones con 7 años de edad que tuvieron baja incidencia de ataques de *H. grandella* presentaron crecimientos superiores a los encontrados en parcelas que tuvieron alta incidencia de la plaga (ACEFN 1992). En plantaciones jóvenes de 1 año de edad Geilfus y Serrano (1991) encontraron incrementos diamétricos superiores a 3 cm/año. Sin embargo, Hazlett y Montesinos (1980) reportan, para plantaciones de 32 años, incrementos diamétricos de 0.64 cm/año, mostrando una disminución de crecimiento de la especie a mayores edades. Probablemente eso se debe porque *C. odorata* tiene una aparente disminución en crecimiento diamétrico después de los 20 años de edad (Worbes 1999).

S. macrophylla aparenta ser más resistente al ataque de plagas y a la sequía, ya que obtuvo niveles de sobrevivencia más altos que *C. odorata*, con resultados de sobrevivencia y crecimiento comparables a los encontrados por Timyan (1996) en Haití en condiciones climáticas parecidas a los 10 años de edad. El crecimiento y la sobrevivencia de *S. macrophylla* también fue superior en plantaciones mixtas. En otras experiencias con plantaciones puras y mixtas en la zona, las plantaciones no han sobrepasado un incremento diamétrico de 1 cm/año, a los 79 meses de edad (Fonseca *et al.* 2000). Sin embargo, los datos de crecimiento para esta especie en plantaciones en otras zonas muestran escenarios promisorios (Hazlett y Montesinos 1980, Webb *et al.* 1984, Geilfus y Serrano 1991).

S. saman obtuvo un buen crecimiento en condiciones puras y mixtas, con incrementos comparables con los reportados por Herrera y Lanuza (1995) en plantaciones puras de 8 años de edad en el trópico seco de Nicaragua (Altura 1.2 m/año y DAP 1.8 cm/año) y por Fonseca *et al.* (2000) a los 79 meses de edad en plantaciones mixtas en Liberia, pacífico norte de Costa Rica (Altura 0.9 m/año y DAP 1.8 cm/año). Sin embargo, la productividad encontrada para las plantaciones de *S. saman* fue menor que 5 m³/ha/año, valor extremadamente inferior a la productividad reportada por Webb *et al.* (1984), 25-35 m³/ha/año, y por Roshetko (1995), 10-15 m³/ha/año, para la misma especie, que fue la de mejor crecimiento en la parcela mixta de la plantación 1.

S. parahyba mostró un excelente crecimiento en condiciones mixtas, con incrementos en DAP superiores a los encontrados para *Tectona grandis* en las parcelas testigo. Sin embargo, presentó alta mortalidad tanto en plantaciones puras y mixtas y una alta variación de crecimiento entre árboles dentro de las parcelas. La sobrevivencia fue bastante inferior a los 81% reportados por Rodríguez (1990) en plantaciones de 70 meses de edad en la misma zona de Costa Rica. Los incrementos anuales en altura encontrados en las parcelas puras son superiores al informado por Rodríguez (1990), y aún más alto en las parcelas mixtas. Los incrementos volumétricos encontrados para esta especie, alrededor de 20 m³/ha/año, son comparables con los reportados por Webb *et al.* (1984), pero con una alta variación de productividad entre parcelas ocasionada por diferencias pronunciadas de sobrevivencia en las diferentes réplicas.

T. oblonga, *P. guachapele* y *A. excelsum* fueron las especies con mejor sobrevivencia en la Plantación 2. *T. oblonga* presentó niveles de sobrevivencia superiores a los encontrados en plantaciones mixtas en el trópico húmedo de Costa Rica por Butterfield (1993). Los incrementos diamétricos encontrados para *T. oblonga* son semejantes a los reportados por Butterfield (1993), y superiores a lo de plantaciones de 13 años de edad, en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica (ACEFN 1992) y plantaciones de 38 años de edad, en el Departamento de Suchitepéquez, Guatemala (García 1983). En términos de crecimiento esas especies han alcanzado incrementos anuales en diámetro superiores a 1.5 cm, y aparentemente figuran como especies promisorias para la reforestación en la zona, a pesar de la temprana edad de las plantaciones.

A. graveolens y *D. retusa* son especies que presentaron incrementos en DAP mayores a 1 cm/año, superior a los valores encontrados por Gutiérrez (2000) para *D. retusa* en plantaciones puras y mixtas en Guanacaste, Costa Rica. Hazlett y Montesinos (1980) encontraron incrementos diamétricos de 0.57 y 0.84 cm/año para *A. graveolens* y *D. retusa*, respectivamente, en plantaciones de 31 años de edad. La buena forma de las especies y el alto valor de la madera pueden compensar los bajos incrementos anuales en volumen, principalmente cuando esas especies son cultivadas en plantaciones mixtas.

S. apetala presentó elevada mortalidad y niveles muy bajos de crecimiento, al contrario de lo esperado, ya que en otros países es una especie utilizada en plantaciones comerciales con alta sobrevivencia e incrementos superiores a los encontrados en las parcelas experimentales (Urueña 1993). Para *V. lundilli*, *P. pinnatum* y *P. parviflorum* no hay literatura sobre crecimiento

en plantaciones y los resultados muestran que en la zona esas especies tienen problemas silviculturales, ya que presentaron elevada mortalidad en todas las parcelas y niveles muy bajos de crecimiento.

C. odorata, *S. apetala*, *V. lundilli*, *P. pinnatum* y *P. parviflorum* tuvieron problemas de sobrevivencia en las primeras fases de desarrollo de la plantación, pues a los 16 meses ya presentaban elevada mortalidad. Probablemente estas especies pueden tener mejores resultados en situaciones donde se aplica un mantenimiento más intensivo en los primeros años después del establecimiento de la plantación.

Las parcelas establecidas en la réplica 4 mostraron los más bajos crecimientos, significativamente diferentes al encontrado en las otras réplicas. Eso probablemente se debe a la elevada pendiente del terreno, ya que los suelos en general, presentan buena fertilidad (Cuadro 5.2).

Las especies nativas se han desarrollado mejor en las parcelas mixtas (Figura 5.1). Los árboles con mejores diámetros crecieron en parcelas mixtas, probablemente por el resultado de una menor competencia intraespecífica (Montagnini *et al.* 1995). La competencia por luz pudo haber sido disminuida por la variedad de estructuras de copa, donde el follaje se distribuye más ampliamente en el estrato vertical creando condiciones intermedias de luminosidad (Guariguata *et al.* 1995). La interacción entre plantas de diferentes familias con leguminosas puede haber contribuido para un aprovechamiento más balanceado del sitio en las parcelas mixtas (Montagnini *et al.* 1994, Parrotta 1999).

Como la altura total de los árboles es influenciada principalmente por variables de sitio (Evans 1992), teóricamente no se esperaban diferencias significativas entre el crecimiento en altura de las especies en parcelas puras y mixtas, y fue lo que sucedió con todas las especies, con excepción de *C. odorata*, que tuvo el crecimiento en altura perjudicado en las parcelas puras por la mayor intensidad de ataques de *Hypsipyla grandella*.

Las plantaciones mixtas pueden ofrecer productos comerciales en los primeros raleos cuando la plantación es diseñada con especies de diferentes ritmos de crecimiento. Por ejemplo en la plantación 2, *S. parahyba* presentó más de 50% del área basal total en las parcelas mixtas

(Figura 5.2). Algunos de los árboles de esta especie tienen diámetros superiores a 30 cm y fácilmente pueden ser procesados y comercializados en el primer raleo, abriendo espacio para el mejor desarrollo de las otras especies de la mezcla que presentan ritmos de crecimiento más lentos, y que deben ser aprovechadas en futuras cosechas. En la Plantación 1, *S. saman* presentó 30% del área basal total de las parcelas mixtas, seguido por *D. retusa*, *S. macrophylla* y *A. graveolens* (Figura 5.3). En esa plantación probablemente el primer raleo no brindará productos comerciales.

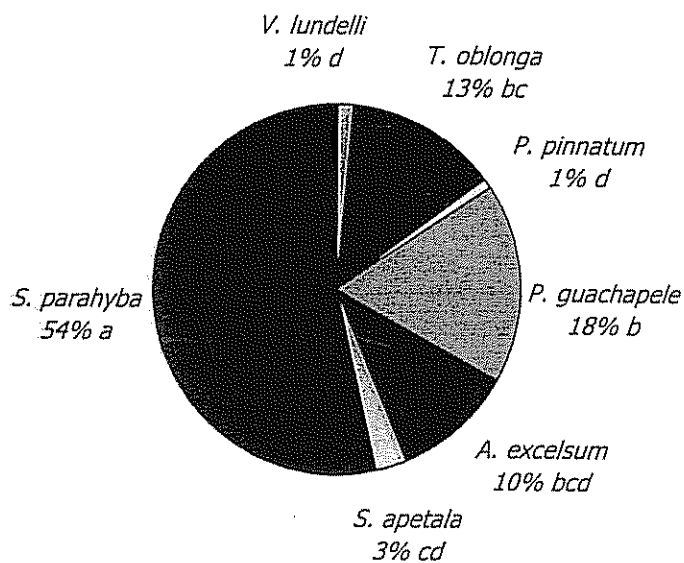


Figura 5.2 - Porcentaje aportada por cada especie en el área basal total de las parcelas mixtas de la Plantación 2, a los 68 meses de edad. Promedios presentan diferencias significativas cuando son seguidos por diferentes letras ($P < 0.05$).

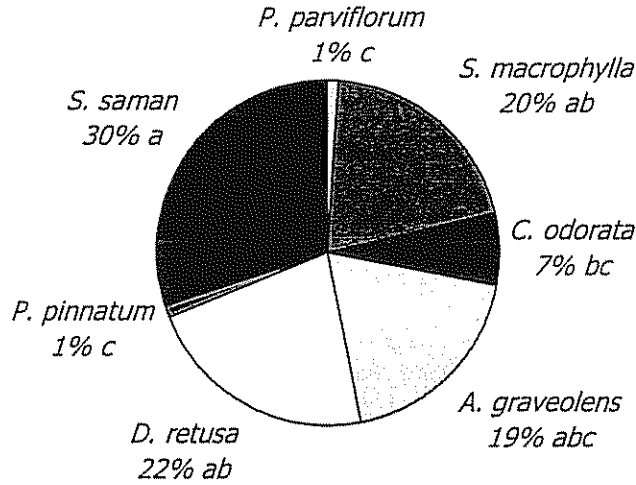


Figura 5.3 - Porcentaje aportada por cada especie en el área basal total de las parcelas mixtas de la Plantación 1, a los 68 meses de edad. Promedios presentan diferencias significativas cuando son seguidos por diferentes letras ($P < 0.05$).

La distribución de los árboles en las parcelas mixtas fue aleatoria, lo que limitó un análisis más profundizado de la interacción entre las especies. Futuras investigaciones deben orientarse a identificar cuáles son las condiciones y el grupo de especies que brindan mejores crecimientos. Para eso las parcelas mixtas deben tener diseños que permitan analizar la interacción entre especies (Kelty y Cameron 1995).

5.5. Conclusiones

Aunque las plantaciones son jóvenes y puede ser demasiado pronto para conocer el comportamiento de las especies, fue evidente el mejor crecimiento de las especies en sistemas mixtos. Prácticas de manejo como la poda y el raleo, pueden favorecer el desarrollo de las especies dentro de las plantaciones mixtas y ofrecer ingresos a edades más tempranas, cuando se utiliza un grupo de especies apropiado.

Las plantaciones de *Tectona grandis* parecen estar bastante adaptadas a la zona y figuran como una alternativa comercialmente interesante. Por otra parte, las plantaciones mixtas con

especies nativas pueden contribuir más al manejo sostenible, porque mientras monocultivos no proveen un gran rango de bienes y servicios comparado al bosque natural, las plantaciones mixtas parecen poder aumentar este rango de beneficios.

5.6. Literatura citada

- Asociación Costarricense para el Estudio de Especies Forestales Nativas (ACEFN). Encuentro Regional sobre Especies Forestales Nativas de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica (2, 1992, Sarapiquí, CR). 1992. Memoria. Heredia, Costa Rica. 90 p.
- Arguedas, M; Chaverri, P. 1997. Nuevo reporte en siete especies forestales nativas en Costa Rica. III Congreso Forestal Nacional, del 27 al 29 de agosto de 1997. San José, Costa Rica.
- Ball, JB; Wormald, TJ; Russo, L. 1995. Experience with mixed and single species plantations. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 310-305.
- Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. *Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volume 2.* Montreal, Canada. p 3-14.
- Butterfield, R. 1993. Tropical timber species growth in the Atlantic lowlands of Costa Rica and wood variation of two native species. Tesis Ph. D. North Carolina State University, Raleigh, NC. 76 p.
- Butterfield, R; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests* 9, 135-145.
- Evans, J. 1992. *Plantation forestry in the tropics.* Clarendon Press, Oxford. Segunda edición. 403 p.
- Evans, J. 1999. Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance. *New Forests* 17, 25-36.
- Fonseca, W; Chinchilla, O; Gutiérrez, M. 2000. Cenizero (*Samanea saman*). Estación Experimental Forestal Horizontes. Reporte interno sin publicar. Liberia, Costa Rica. 10 p.
- García, G. 1983. Estudio silvicultural del volador (*Terminalia oblonga*) en el Departamento de Suchitepequez, Guatemala. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 76 p.

- Geilfus, F; Serrano, M. 1991. Crecimiento inicial de 14 especies maderables. *Enda-Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana. 54 p.
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70, 159-167.
- Guariguata, MR; Rheingans, R; Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: Implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3:252-260.
- Gutiérrez, M. 2000. Densidad inicial de siembra de cocobolo. Reporte interno sin publicar. Programa de restauración y silvicultura. Área de Conservación Guanacaste. Liberia, Costa Rica. 5 p.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106, 195-203.
- Hazlett, DL; Montesinos, JL. 1980. El crecimiento de 27 especies maderables en plantaciones de Lancetilla. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. Artículo Científico 1, 9 p.
- Herrera, Z; Lanuza, B. 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. Servicio Forestal Nacional, MARENA. Managua, Nicaragua. 185 p.
- Janzen, DH. 1988. Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem. *En*: Wilson, EO. (ed.) *Biodiversity*. National Academy Press. Washington, D.C. p. 130-137.
- Jiménez, Q; Poveda, LJ. 1997. Lista actualizada de los árboles maderables de Costa Rica. Aportes al Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 36 p.
- Keenan, RJ; Lamb, D; Sexton, G. 1995. Experience with mixed species rainforest plantations in North Queensland. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 315-321.
- Keenan, RJ; Lamb, D; Parrotta, J; Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9 (1/2): 117-134.

- Kelty, MJ; Cameron, IR. 1995. Plot designs for the analysis of species interactions in mixed stands. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 322-332.
- Lamb, D; Lawrence, P. 1993. Mixed species plantations using high value rainforest trees in Australia. *En*. Lieth, H; Lohmann, M. (eds.) *Restoration of tropical forest ecosystems*. Kluwer, Holanda. p. 101-108.
- Mesén, F. 1996. Mejoramiento de especies forestales nativas de Costa Rica. *En*: Asociación Costarricense para el Estudio de Especies Forestales Nativas (ACEFN). Foro "Especies forestales nativas, una opción para la reforestación sustentable en Costa Rica". Memoria. Moravia, Costa Rica. p. 17-34.
- Montagnini, F; Fanzeres, A; Guimarães, S. 1994. Studies on restoration ecology in the Atlantic forest region of Bahia, Brazil. *Interciencia* 19(6): 323-330.
- Montagnini, F; González, E; Rheingans, R; Porras, C. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Newbould, PJ. 1967. Methods for estimating the primary production of forest. *IBP Handbook 2*. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 62 p.
- Nichols, D. 1994. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell.: development of native species for reforestation and agroforestry. *Commonwealth Forestry Review* 73(1): 9-13.
- Parrotta, JA; Knowles, OH. 1999. Restoration of tropical moist forests on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology* 7, 103-116.
- Parrotta, JA. 1999. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 124, 45-77.
- Rodríguez, E. 1990. Comportamiento inicial de cinco especies forestales para la producción de leña en la alta península de Nicoya, Costa Rica. Informe Técnico Interno CATIE 04/Exp.092. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 13 p.

- Roshetko, JM. 1995. *Albizia saman*: pasture improvement, shade, timber and more. NFT-Highlights n° 95-02. En: Roshetko, JM; Gutteridge, RC. (eds.) 1996. Nitrogen fixing trees for fodder production: a field manual. Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. 125 p.
- Salazar, R. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Proyecto de Semillas Forestales/Danida Forest Seed Centre. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 204 p. (Serie técnica. Manual técnico n° 41).
- Timyan, J. 1996. Bwa yo: Important trees of Haiti. South-East Consortium for International Development. Washington, D.C. 420 p.
- Urueña, H. 1993. Evaluación de un ensayo de progenie/procedencia de *Sterculia apetala* de cinco años de edad. Informe de Investigación n° 22. Monterrey Forestal, Cartagena, Colombia. 3 p.
- Verissimo, A; Barreto, P; Tarifa, R; Uhl, C. 1995. Extraction of high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. *Forest Ecology and Management* 72(1), 39-60.
- Webb, DB; Wood, PJ; Smith, JP; Sian Henman, G. 1984. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. *Tropical Forestry Papers* n° 15. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, UK. 256 p.
- Worbes, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology* 87, 391-403.
- Wormald, TJ. 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. FAO n° 103. 166 p.

6. Crecimiento inicial de plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas en Santa Cecilia, trópico subhúmedo de Costa Rica.

6.1. Introducción

En el pasado la reforestación para producción de maderas preciosas no ha sido rentable debido a la gran oferta de madera proveniente de los bosques naturales, y los pocos esfuerzos realizados en el establecimiento de plantaciones forestales siempre fueron apoyados por incentivos del estado (Ladrach 1992).

En las dos últimas décadas, con la escasez de oferta de maderas preciosas, empresas y productores han establecido plantaciones comerciales con las especies de árboles más promisorias para producción de madera de aserrío (Evans 1992). Los proyectos forestales han siempre utilizado un pequeño grupo de especies exóticas por las facilidades de propagación, establecimiento y manejo (Hughes 1994).

La gran cantidad de especies arbóreas nativas que crecen rápidamente en climas tropicales y la gran variedad de condiciones de los sitios han conducido a resultados contradictorios en la selección de especies. Se han utilizado semillas con muy poca información sobre las especies, resultando en plantaciones en sitios improbables y el consecuente rechazo de especies con base en evidencias poco concluyentes (Wadsworth 1997).

Aunque existe una gran escasez de informaciones referentes a la silvicultura de la mayoría de las especies nativas tropicales (Keenan *et al.* 1999), recientemente ha surgido el interés de algunos productores en Costa Rica y Nicaragua de establecer plantaciones puras y mixtas que incluyen algunos de los árboles nativos con alto valor de madera.

Este trabajo presenta los resultados de una plantación experimental conformada por árboles nativos en parcelas puras y mixtas en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Se analizó el crecimiento y la productividad de 14 especies nativas y se comparó el desarrollo de plantaciones de árboles nativos en condiciones puras y mixtas.

6.2. Materiales y métodos

6.2.1. Descripción del sitio

Las parcelas estudiadas fueron establecidas en septiembre de 1996 en Santa Cecilia, extremo norte de Costa Rica (coordenadas 11°09' Norte y 85°35' Oeste) en tierras donde anteriormente se practicaba la ganadería y que actualmente pertenecen a la empresa privada Maderas de Costa Rica S.A. del grupo Precious Woods, que ha reforestado esa finca principalmente con plantaciones puras de *Tectona grandis*. El área experimental se encuentra a una elevación sobre el nivel del mar de 200 metros y temperatura media anual de 25.7°C. La precipitación media anual es 2585 mm, con cuatro meses secos al año con precipitación menor a 80 mm. El ensayo fue instalado en terreno ligeramente ondulado, con poca pedregosidad (<10%). En general en la zona predominan los Ultisoles del gran grupo Tropohumult, con fertilidad desde media a baja.

Las semillas se recolectaron de árboles de la zona y las plantas fueron producidas en bolsas en el vivero de la propia empresa. La limpieza del sitio y preparación del suelo se hizo en forma mecanizada, a través del arado y subsolado. No se utilizó fertilización y tampoco herbicidas para el control de malezas.

6.2.2. Metodología

La plantación establecida estaba conformada por catorce especies nativas de la zona (Cuadro 6.1). Los criterios de escogencia de las especies fueron la tasa de crecimiento, valor de la madera y disponibilidad de material vegetativo en la zona.

El ensayo fue montado en bloques completos al azar, con tres réplicas y quince tratamientos: tres parcelas de especies puras para cada especie nativa y tres parcelas de especies mixtas (con la mezcla de doce especies nativas). La distancia de plantación inicial fue 3.5m x 3.5m. Cada parcela de plantación pura era de 196 m², con un total 16 árboles. Cada parcela de plantación mixta era de 1470 m², con un total de 120 árboles (10 árboles por especie) distribuidos completamente al azar en la parcela.

Cuadro 6.1 - Características de las 14 especies cultivadas en plantaciones forestales experimentales mixtas y puras en Santa Cecilia, Costa Rica.

Especie	Familia	Distribución natural
<i>Anarcadium excelsum</i> (Bert. & Balb. ex Kunth) Skeels	Anarcadiaceae	Honduras hasta Ecuador y Guyanas
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anarcadiaceae	México a Paraguay
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	México hasta Ecuador y Venezuela
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	México, Sur América y Antillas
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón) Cham.	Boraginaceae	México a Sur América
<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.	Fabaceae-Pap.	Suroeste de México a Panamá
<i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell	Fabaceae-Pap.	Nicaragua a Colombia
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	México a Brasil
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae-Caes.	México, Sur América y Antillas
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand ex Seem.	Fabaceae-Pap.	Sur de México a Venezuela
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill	Fabaceae-Mim.	México a Brasil y Paraguay
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	México a Brasil y Bolivia
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Combretaceae	Honduras hasta la amazonía
<i>Vatairea lundelli</i> (Standl.) Killip	Fabaceae-Pap.	Sur de México a Brasil

Fuente: Jiménez & Poveda 1997, Salazar 2000.

En cada una de las parcelas se realizó la medición del DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura total de todos los árboles a los 55 meses de edad, sin descartar bordes. Los promedios de altura total, DAP, área basal, índice de volumen y sobrevivencia fueron calculados para cada parcela. Fue realizado un análisis de variancia para todas las variables para la comparación entre especies y las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey. Para el cálculo del índice de volumen se utilizó un factor de forma de 0.5 sugerido por Newbould (1967).

6.3. Resultados

Los resultados de las mediciones tomadas a los 55 meses de edad mostraron que *C. alliodora* fue la especie con mejor crecimiento en altura, seguidos de *H. alchorneoides*, *D. panamensis*, *V. lundelli* y *S. macrophylla*, sin diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las plantaciones puras y mixtas (Figura 6.1).

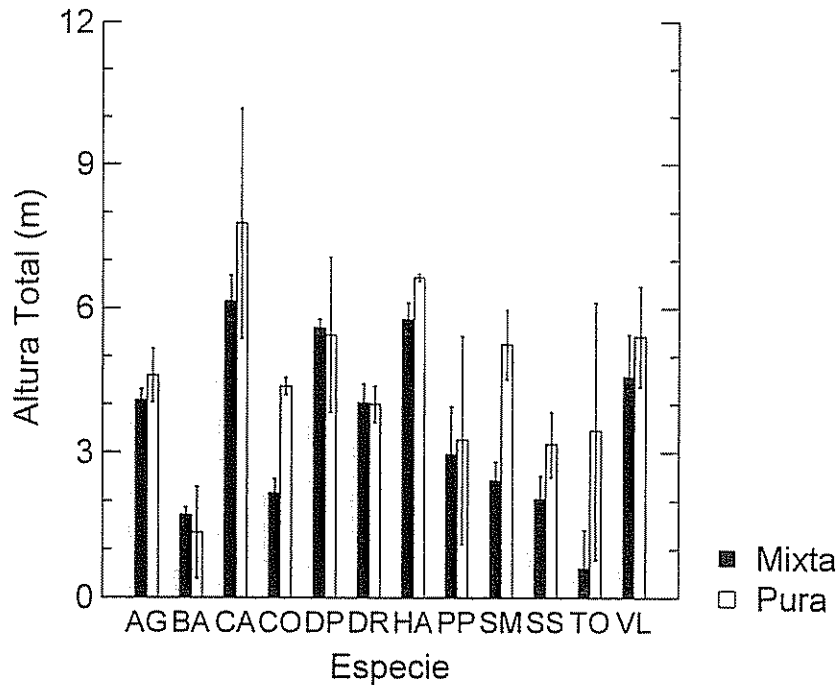


Figura 6.1 – Altura total de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad. AG, *Astronium graveolens*; BA, *Brosimum alicastrum*; CA, *Cordia alliodora*; CO, *Cedrela odorata*; DP, *Dipteryx panamensis*; DR, *Dalbergia retusa*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; PP, *Platymiscium pinnatum*; SM, *Swietenia macrophylla*; SS, *Samanea saman*; TO, *Terminalia oblonga*; VL, *Vatairea lundelli*.

El crecimiento en diámetro de *C. alliodora* fue el más expresivo, seguido por *H. alchorneoides*, y *S. macrophylla*, sin diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las parcelas puras y mixtas (Cuadro 6.2).

T. oblonga, *B. alicastrum* y *P. pinnatum* fueron las especies que mostraron las tasas más bajas de crecimiento, sin diferencias significativas entre las plantaciones puras y mixtas. Solamente *B. alicastrum* presentó mejores crecimientos diamétricos en condiciones mixtas, las demás especies presentaron mayor crecimiento en condiciones puras (Figura 6.2).

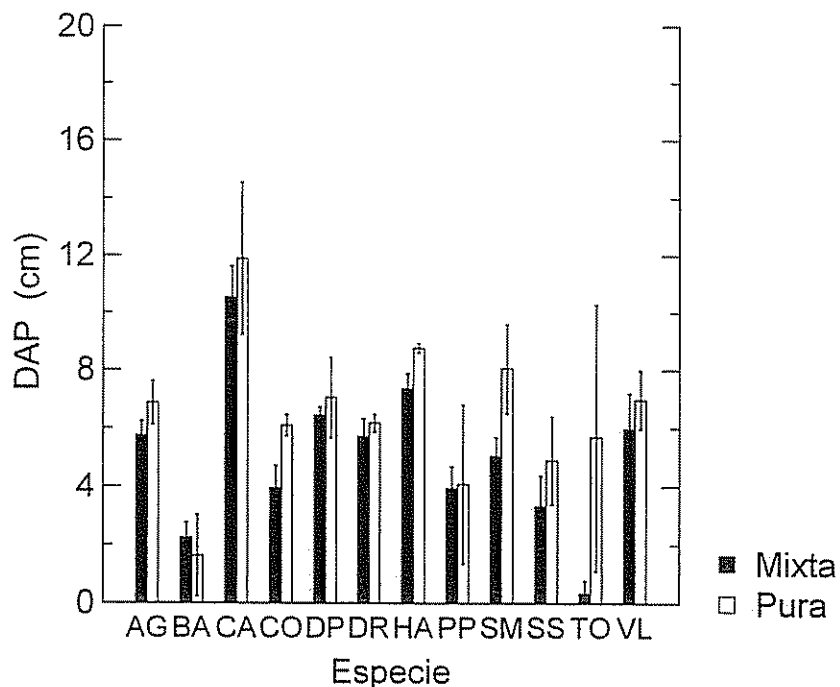


Figura 6.2 – Diámetro a la altura del pecho (DAP) de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad. AG, *Astronium graveolens*; BA, *Brosimum alicastrum*; CA, *Cordia alliodora*; CO, *Cedrela odorata*; DP, *Dipteryx panamensis*; DR, *Dalbergia retusa*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; PP, *Platymiscium pinnatum*; SM, *Swietenia macrophylla*; SS, *Samanea saman*; TO, *Terminalia oblonga*; VL, *Vatairea lundelli*.

A. graveolens, *S. macrophylla*, *H. alchorneoides* y *D. retusa* mostraron las más altas tasas de sobrevivencia. En general las especies tuvieron una baja sobrevivencia. *T. oblonga*, *P. pinnatum* y *B. alicastrum* mostraron las tasas más bajas de sobrevivencia (Figura 6.3). Ninguna especie presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) de sobrevivencia entre las parcelas puras y mixtas.

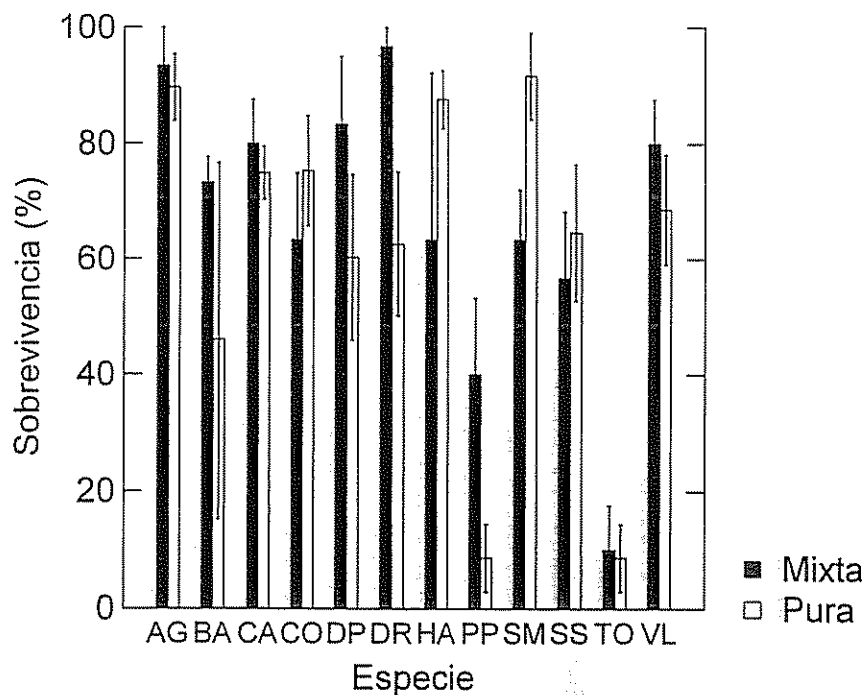


Figura 6.3 – Sobrevivencia de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad. AG, *Astronium graveolens*; BA, *Brosimum alicastrum*; CA, *Cordia alliodora*; CO, *Cedrela odorata*; DP, *Dipteryx panamensis*; DR, *Dalbergia retusa*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; PP, *Platymiscium pinnatum*; SM, *Swietenia macrophylla*; SS, *Samanea saman*; TO, *Terminalia oblonga*; VL, *Vatairea lundellii*.

Aunque ninguna especie presentó diferencias estadísticamente significativas en términos de crecimiento y sobrevivencia entre plantaciones puras y mixtas, la gran mayoría de las especies obtuvo mejores promedios en condiciones puras (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2 - Crecimiento y sobrevivencia de especies nativas en plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica, a los 55 meses de edad.

Especie	Parcela	DAP (cm)	Altura Total (m)	Sobrevivencia (%)
<i>Astronium graveolens</i>	Pura	6.87(0.57) abcde	4.60(0.42) abcdef	89.7(4.3) ab
	Mixta	5.74(0.37) abcdef	4.08(0.18) abcdef	93.3(6.7) ab
<i>Brosimum alicastrum</i>	Pura	1.63(1.05) ef	1.35(0.72) ef	46.0(23.3) bcd
	Mixta	2.25(0.39) def	1.72(0.11) def	73.3(3.3) abc
<i>Cedrela odorata</i>	Pura	6.09(0.28) abcdef	4.38(0.14) abcdef	75.3(7.2) abc
	Mixta	3.95(0.58) cdef	2.17(0.22) cdef	63.3(8.8) abc
<i>Cordia alliodora</i>	Pura	11.89(2.01) a	7.78(1.81) a	75.0(3.5) abc
	Mixta	10.53(0.83) ab	6.15(0.41) abc	80.0(5.8) abc

Especie	Parcela	DAP (cm)	Altura Total (m)	Sobrevivencia (%)
<i>Dalbergia retusa</i>	Pura	6.18(0.23) abcdef	4.00(0.28) abcdef	62.3(9.5) abc
	Mixta	5.71(0.46) bcdef	4.03(0.30) abcdef	96.7(3.3) a
<i>Dipteryx panamensis</i>	Pura	7.06(1.04) abcde	5.45(1.22) abcde	60.3(10.9) abc
	Mixta	6.43(0.22) abcdef	5.59(0.14) abcde	83.3(8.8) abc
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Pura	8.76(0.12) abc	6.65(0.06) ab	87.7(3.8) abc
	Mixta	7.35(0.40) abcde	5.77(0.27) abcd	63.3(21.8) abc
<i>Platymiscium pinnatum</i>	Pura	4.07(2.06) cdef	3.27(1.63) bcdef	8.7(4.3) d
	Mixta	3.93(0.58) cdef	2.96(0.74) bcdef	40.0(10.0) cd
<i>Swietenia macrophylla</i>	Pura	8.05(1.69) abcd	5.25(0.55) abcde	91.7(5.6) ab
	Mixta	5.04(0.49) bcdef	2.42(0.30) bcdef	63.3(6.7) abc
<i>Samanea saman</i>	Pura	4.89(1.14) bcdef	3.17(0.51) bcdef	64.7(9.0) abc
	Mixta	3.32(0.79) cdef	2.04(0.36) cdef	56.7(8.8) abcd
<i>Terminalia oblonga</i>	Pura	5.70(3.48) bcdef	3.45(2.02) bcdef	8.7(4.3) d
	Mixta	0.33(0.33) f	0.60(0.60) f	10.0(5.8) d
<i>Vatairea lundelli</i>	Pura	6.98(0.76) abcde	5.41(0.79) abcde	68.7(7.2) abc
	Mixta	5.98(0.92) abcdef	4.56(0.67) abcdef	80.0(5.8) abc

Promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna ($p < 0.05$).

La productividad de las plantaciones puras y mixtas fue notablemente influenciada por las bajas tasas de sobrevivencia observadas en las parcelas de medición.

Las plantaciones puras de *C. alliodora* fueron las más productivas mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) en área basal y volumen, comparado a todas las especies y a la mezcla de especies, con excepción de la plantación pura de *S. macrophylla* y *H. alchorneoides* (Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3 - Crecimiento y productividad de plantaciones puras y mixtas en Santa Cecilia, Costa Rica a los 55 meses de edad.

Especie	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)	Sobrevivencia (%)
<i>Cordia alliodora</i>	11.89(2.01) a	7.78(1.81) a	7.17(2.50) a	35.48(18.39) a	75.0(3.5) a
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	8.76(0.12) ab	6.65(0.59) ab	4.31(0.24) ab	14.92(0.83) ab	87.7(3.8) a
<i>Swietenia macrophylla</i>	8.05(1.69) ab	5.25(0.55) abc	4.00(0.18) ab	11.73(4.24) ab	91.7(5.6) a
<i>Astronium graveolens</i>	6.87(0.57) ab	4.60(0.42) abc	2.78(0.56) b	7.35(2.04) b	89.7(4.3) a

Especie	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área basal (m ² /ha)	Índice de volumen (m ³ /ha)	Sobrevivencia (%)
<i>Vatairea lundelli</i>	6.98(0.76) ab	5.41(0.79) abc	2.13(0.38) b	6.59(1.55) b	68.7(7.2) a
<i>Dipteryx panamensis</i>	7.06(1.04) ab	5.45(1.22) abc	1.97(0.57) b	6.15(2.87) b	60.3(10.9) ab
<i>Dalbergia retusa</i>	6.18(0.23) ab	4.00(0.28) abc	1.53(0.26) b	3.86(0.66) b	62.3(9.5) a
<i>Cedrela odorata</i>	6.09(0.28) ab	4.38(0.14) abc	1.78(0.14) b	5.03(0.69) b	75.3(7.2) a
<i>Samanea saman</i>	4.89(1.14) ab	3.17(0.51) abc	1.24(0.72) b	2.57(1.83) b	64.7(9.0) a
<i>Hymenaea courbaril</i>	3.91(0.29) b	2.93(0.45) abc	0.44(0.09) b	0.71(0.15) b	44.0(3.5) ab
<i>Terminalia oblonga</i>	5.70(3.48) ab	3.45(2.02) abc	0.45(0.35) b	2.00(1.80) b	8.7(4.3) b
<i>Platymiscium pinnatum</i>	4.07(2.06) b	3.27(1.63) abc	0.20(0.11) b	0.50(0.26) b	8.7(4.3) b
<i>Anacardium excelsum</i>	3.42(1.72) b	2.16(1.10) bc	0.80(0.40) b	1.45(0.73) b	48.0(24.5) ab
<i>Brosimum alicastrum</i>	1.63(1.05) b	1.35(0.72) c	0.23(0.20) b	0.40(0.38) b	46.0(23.3) ab
Mezcla de especies	5.34(0.15) ab	3.63(0.18) abc	1.55(0.13) b	4.39(0.60) b	67.0(3.8) a

Para cada plantación los promedios presentan diferencias significativas cuando el error estándar es seguido por diferentes letras en la misma columna ($p < 0.05$).

6.4. Discusión

C. alliodora obtuvo el mejor crecimiento en condiciones puras y mixtas, superior al reportado por Butterfield y Espinoza (1995) en plantaciones puras de 48 meses de edad (DAP 5.7 cm y Altura 5.0 m) y por Hagggar *et al.* (1998) a los 72 meses de edad (DAP 5.7 cm y Altura 4.9 m) en la vertiente atlántica norte de Costa Rica y semejantes a los reportados Somarriba *et al.* (2001) a los 48 meses de edad en plantaciones puras en la zona atlántica sur de Costa Rica (DAP 11.9 cm y Altura 10.8 m).

H. alchorneoides mostró un buen crecimiento inicial en condiciones puras y mixtas, comparables con los reportados por Butterfield y Espinoza (1995) en plantaciones puras de 48 meses de edad (DAP 8.1 cm Altura 7.9 m), por Hagggar *et al.* (1998) a los 72 meses de edad (DAP 10.7 cm y Altura 11.6 m) y por Montagnini y Ugalde (2001) a los 70 meses de edad (Altura 13.6 m y DAP 13.0 cm) en el trópico húmedo de Costa Rica.

S. macrophylla y *A. graveolens* fueron las especies que presentaron las más altas tasas de sobrevivencia, superiores a las encontradas en el trópico seco de Costa Rica (Capítulo 5). El incremento diamétrico encontrado para *S. macrophylla* es semejante al reportado por Butterfield (1993) y Timyan (1996), y superiores a lo de plantaciones de 13 años de edad, en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica (ACEFN 1992).

En términos de crecimiento *C. alliodora*, *H. alchorneoides* y *S. macrophylla* han alcanzado incrementos anuales en diámetro superiores a 1.5 cm, figurando como las especies con mejor crecimiento inicial. Los datos de crecimiento para estas especies en plantaciones en otras zonas también muestran escenarios promisorios a edades tempranas (Hazlett y Montesinos 1980, Webb *et al.* 1984, Geilfus y Serrano 1991, González y Fisher 1994, Butterfield y Espinoza 1995, Montagnini *et al.* 1995).

T. oblonga, *P. pinnatum*, *H. courbaril*, *B. alicastrum* y *A. excelsum* tuvieron problemas de sobrevivencia y crecimiento en las primeras fases de desarrollo de la plantación, debido a frecuentes ataques de hormigas cortadoras (*Atta spp.*). Probablemente estas especies pueden tener mejores resultados en situaciones donde se aplica un mantenimiento más intensivo en los primeros años después del establecimiento de la plantación, con un control oportuno de las plagas.

Los árboles con mejores diámetros crecieron en las parcelas puras (Figura 6.2). Las especies nativas se han desarrollado mejor en las parcelas puras, aunque no hubieron diferencias significativas comparado a las plantaciones mixtas (Cuadro 6.2). Probablemente por el amplio espaciamiento inicial, la alta mortalidad, y el modesto crecimiento inicial de las especies, tanto en las parcelas puras y mixtas, los árboles todavía no compiten por recursos, y no se han reflejado diferencias de crecimiento diamétrico entre los dos sistemas de producción.

Como la altura total de los árboles es influenciada principalmente por variables de sitio (Evans 1992), teóricamente no se esperaban diferencias significativas entre el crecimiento en altura de las especies en parcelas puras y mixtas, y fue lo que sucedió con todas las especies.

6.5. Conclusiones

La temprana edad de las plantaciones no garantizan evidencias concluyentes sobre un consecuente rechazo de algunas especies para esa zona, por resultado de la presente investigación. Sin embargo, es importante destacar que todas las especies utilizadas presentaron bajos rendimientos volumétricos.

Especies como *Cordia alliodora*, *Hieronyma alchorneoides* y *Swietenia macrophylla* que son más conocidas silviculturalmente y más utilizadas en proyectos de reforestación en el trópico centroamericano parecen estar bien adaptadas a las condiciones de Santa Cecilia.

No fue evidente el mejor crecimiento de las especies en sistemas puros o mixtos.

6.6. Literatura citada

- Asociación Costarricense para el Estudio de Especies Forestales Nativas (ACEFN). Encuentro Regional sobre Especies Forestales Nativas de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica (2, 1992, Sarapiquí, CR). 1992. Memoria. Heredia, Costa Rica. 90 p.
- Butterfield, R. 1993. Tropical timber species growth in the Atlantic lowlands of Costa Rica and wood variation of two native species. Tesis Ph. D. North Carolina State University, Raleigh, NC. 76 p.
- Butterfield, R; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests* 9: 135-145.
- Evans, J. 1992. *Plantation forestry in the tropics*. Clarendon Press, Oxford. Segunda edición. 403 p.
- Geilfus, F; Serrano, M. 1991. Crecimiento inicial de 14 especies maderables. *Enda-Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana. 54 p.
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106: 195-203.
- Hazlett, DL; Montesinos, JL. 1980. El crecimiento de 27 especies maderables en plantaciones de Lancetilla. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. Artículo Científico 1, 9 p.
- Hughes, C. 1994. Risks of species introductions in tropical forestry. *Commonwealth Forestry Review* 73(4): 243-252.

- Jiménez, Q; Poveda, L.J. 1997. Lista actualizada de los árboles maderables de Costa Rica. Aportes al Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 36 p.
- Keenan, R.J; Lamb, D; Parrotta, J; Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9 (1/2): 117-134.
- Ladrach, W. 1992. Avances en silvicultura en plantaciones forestales en América Tropical. Costa Rica. II Congreso Forestal Nacional: La actividad forestal al servicio de un país en desarrollo. p. 55-59.
- Montagnini, F; González, E; Rheingans, R; Porras, C. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Montagnini, F; Ugalde, L. 2001. The use of native trees for pasture restoration in humid tropical regions. Congreso sobre sistemas silvopastoriles. San José, Costa Rica. p. 47-51.
- Newbould, P.J. 1967. Methods for estimating the primary production of forest. IBP Handbook 2. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 62 p.
- Salazar, R. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Proyecto de Semillas Forestales/Danida Forest Seed Centre. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 204 p. (Serie técnica. Manual técnico n° 41)
- Somarriba, E; Valdivieso, R; Vásquez, W; Galloway, G. 2001. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 51: 111-118.
- Timyan, J. 1996. Bwa yo: Important trees of Haiti. South-East Consortium for International Development. Washington, D.C. 420 p.
- Wadsworth, F.H. 1997. Forest Production for Tropical America. United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.
- Webb, D.B; Wood, P.J; Smith, J.P; Sian Henman, G. 1984. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. Tropical Forestry Papers n° 15. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, UK. 256 p.

7. Características y preferencias de pequeños productores forestales en los trópicos: una comparación entre el trópico húmedo de Costa Rica y el trópico seco de Nicaragua.

7.1. Introducción

Las plantaciones forestales tropicales pueden cumplir con un conjunto de servicios incluyendo el suministro de productos de madera, acumulación del carbono, protección del suelo y aceleración de la regeneración natural (Parrotta 1992, Lamb 1998). Además de ser una fuente de ingreso a la economía familiar y seguro para finqueros individuales que viven en estas regiones (Chambers y Leach 1990).

Recientemente ha surgido el interés de algunos productores en Costa Rica y Nicaragua de establecer plantaciones puras y mixtas que incluyen algunos de los árboles nativos y exóticos de rápido crecimiento y con alto valor comercial. Plantar estas especies se convirtió en una alternativa atractiva para los pequeños y medianos finqueros de estas zonas que adoptaron los incentivos para la reforestación brindados por el gobierno.

En Costa Rica, la legislación forestal contempló incentivos para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, tales como el Fondo de Desarrollo Forestal (FDF) y el Certificado de Abono Forestal (CAF) (Segura *et al.* 1996, Watson *et al.* 1998). Sobre todo las pasturas abandonadas y otras áreas despobladas de árboles, fueron las que han sido reforestadas. Durante el período 1979-1995 fueron reforestados un total de 170.000 ha con especies forestales maderables mediante el sistema de incentivos (MINAE-SINAC 1996).

En general, la reforestación tradicionalmente se realizaba con pocas especies y recientemente, después de algunas investigaciones llevadas a cabo mediante proyectos de cooperación internacional, se ha promocionado la utilización de especies nativas (Butterfield 1990, González y Fisher 1994, Montagnini 1997).

En el Cantón de Sarapiquí de Heredia, productores asociados al Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí (CACSA), organización compuesta por campesinos, propiciada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) y a la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) comenzaron a establecer plantaciones

forestales. Estas organizaciones locales entre sus diferentes líneas de actuación, tienen como objetivo apoyar a los propietarios en el desarrollo de proyectos de reforestación, desde el establecimiento hasta el manejo y aprovechamiento de las plantaciones.

Cuando CACSA y FUNDECOR iniciaron las acciones de reforestación, no existían viveros forestales comerciales en la Zona Atlántica, por lo que se recurrió a la Organización para Estudios Tropicales (OET), cuya área experimental se encuentra en Sarapiquí, y que había investigado más de 70 especies nativas y podía recomendar las mejores para reforestar. De esta manera, se pasó de la fase de investigación a la fase productiva (FUNDECOR 2001).

Con algunas de las especies seleccionadas por su buen comportamiento en el campo y su rápido crecimiento se inició el trabajo de producción de plántulas en viveros establecidos por productores de la zona y hasta el año 2000 se habían plantado 2.400 ha aproximadamente.

Nicaragua al igual que el resto de los países de América Central ha sufrido y sigue experimentando una alta tasa de deforestación. El 46% del territorio nicaragüense está bajo cobertura forestal. Se estima que 1,6 millones de hectáreas constituyen bosques de protección, 2,6 millones son de bosques productivos, de los cuales 0,5 millones son bosques de pino (CCAD 1998). El bosque seco tropical casi ha desaparecido, salvo en ciertas áreas remanentes en la costa del Pacífico.

La leña es un recurso energético de mucha importancia en Nicaragua, según estimaciones del gobierno, el 58,4% del consumo total de energía proviene de esa fuente, que a su vez, es obtenida de los bosques naturales. Este alto consumo, está provocando una mayor degradación del recurso forestal, especialmente en el trópico seco. Varios estudios demuestran la importancia de la leña en Nicaragua (Utting 1993, MARENA/SFN/ASDI 1994), estos han hecho énfasis en el elevado valor económico de la leña como parte de la matriz energética del país y su incidencia en la balanza de pagos. Se estima que el consumo anual de leña en el país es de 3,3 millones de m³.

El tipo de aprovechamiento, especialmente de los bosques secos, para la extracción de leña y el cambio de uso de la tierra, no aseguran una producción forestal sostenible, provocando como resultado de esto, la crítica situación de suministro de leña y otros productos forestales en la región del Pacífico, donde gran parte de la leña proviene de los bosques naturales secundarios.

El sector forestal nicaragüense está constituido principalmente por pequeños y medianos propietarios. Las plantaciones forestales cubren un área de 64.170 hectáreas (CCAD 1998), de las cuales un 68 % son maderables, un 26 % energéticas y el 6 % restante se han establecido con fines de investigación y protección (Centeno 1994). El 96 % del área plantada está constituida de plantaciones compactas y el ritmo anual de plantación que siempre se ha caracterizado por ser muy bajo, ha estado disminuyendo progresivamente (Segura 2000).

Esta situación crítica de deterioro del recurso forestal en Nicaragua, la cual se ha venido agravando en los últimos años, creó la necesidad de expandir los programas de reforestación. En 1997, el Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal (POSAF), financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), empezó a promover la reforestación y el desarrollo de sistemas sostenibles de producción en las fincas de la Cuenca del Río Grande de Carazo y en otras regiones de Nicaragua. El POSAF suministra asistencia técnica y financiera para el desarrollo de proyectos forestales y opera a través de organismos Co-ejecutores.

Con las especies recomendadas por el Servicio Forestal Nacional de Nicaragua (Herrera y Lanuza 1995), seleccionadas por su comportamiento en el campo y rápido crecimiento, se inició el establecimiento de las plantaciones forestales en las fincas de los productores que fueron beneficiados por el proyecto. Hasta el año 2000 se habían plantado 12.000 ha en todo el país.

Mediante la creciente implementación de programas de reforestación en propiedades rurales de Costa Rica y Nicaragua, se aumentó el interés en conocer las preferencias de los productores por el sistema de producción y especies a utilizar en la reforestación y también sobre factores socioeconómicos que inciden en la actividad.

Con ese objetivo la presente investigación buscó caracterizar las limitaciones socioeconómicas, incentivos y requerimientos básicos de los productores que promueven la reforestación en pequeña escala. Además de evaluar qué aceptación han tenido las plantaciones entre los productores e identificar las especies más promisorias.

7.2. Materiales y métodos

7.2.1. Localización del estudio

En Costa Rica el estudio fue realizado en el Cantón de Sarapiquí, ubicado en la provincia de Heredia, que comprende parte de las Llanuras de la Vertiente Atlántica Norte, en tierras donde anteriormente se practicaban la agricultura y ganadería.

La zona está ubicada entre las coordenadas 10°12' y 10°47' Norte y 84°09' y 83°45' Oeste, con una elevación aproximada sobre el nivel del mar que varía entre 30 y 200 metros y temperatura media anual de 24°C. La precipitación media anual varía entre 3500-5000 mm, con ningún o sólo un mes con precipitación menor de 50 mm.

En esta zona FUNDECOR y CACSA han promovido el desarrollo de sistemas de producción sostenible a través de asistencia técnica y financiera a los finqueros, con el objetivo de promover el establecimiento de plantaciones forestales en la zona.

En Nicaragua la investigación se desarrolló en el Departamento de Carazo, específicamente en la cuenca del Río Grande de Carazo, entre los municipios de Santa Teresa, La Paz, La Conquista, Jinotepe y Diriamba.

La zona se encuentra ubicada entre las coordenadas 11° 2' y 11° 37' Norte y 86° 20' y 86° 11' Oeste, con una elevación sobre el nivel del mar que varía de 0 a 460 msnm y temperatura media anual de 27°C. La precipitación media anual varía desde los 700 mm hasta 1100 mm, con cinco meses secos al año con precipitación menor a 50 mm.

En esta cuenca el POSAF ha promovido el desarrollo de sistemas de producción sostenibles en las fincas, mediante el suministro de asistencia técnica y financiera para el mejoramiento productivo de los pequeños productores. Entre sus objetivos específicos se encuentran el establecimiento de plantaciones forestales, sistemas agroforestales y silvopastoriles.

7.2.2. Metodología

La investigación consistió en un estudio socioeconómico y silvicultural con el propósito de conocer los factores que han prevalecido en el establecimiento de plantaciones forestales, detectar el nivel de conocimiento que poseen los pequeños finqueros, obtener informaciones sobre sus preferencias silviculturales y conocer el comportamiento de las especies utilizadas en la reforestación.

En Sarapiquí la población base del estudio fueron 123 productores asociados al CACSA y FUNDECOR que establecieron plantaciones forestales con los incentivos del gobierno entre el año de 1990 y 1995. En Carazo la población fue representada por 202 productores beneficiarios del POSAF que establecieron plantaciones forestales con especies maderables entre el año 1997 y 1998 con los incentivos del proyecto.

Para cada población fue utilizado un muestreo aleatorio simple, donde se seleccionaron 35% de los individuos de cada población, totalizando 42 y 70 productores encuestados en Costa Rica y Nicaragua, respectivamente.

La recolección de la información socioeconómica se realizó mediante aplicación de encuesta con preguntas dirigidas a los aspectos socioeconómicos y silviculturales (Anexo 1). La mayoría de las preguntas de la encuesta estaban previamente codificadas. En los casos donde no hubo restricciones para las respuestas, como preguntas abiertas, la codificación fue realizada posteriormente para facilitar el uso de la información y el análisis de los resultados.

En todas las fincas donde se aplicó la encuesta con preguntas dirigidas fue realizado un inventario de la plantación, con parcelas temporales de medición conformadas por 15 árboles (5 x 3) para plantaciones puras y por 30 árboles (6 x 5) para plantaciones mixtas, seleccionadas sistemáticamente. Para la ubicación de la esquina de la primer parcela se utilizó un procedimiento aleatorio y la siguiente parcela fue ubicada a 50 metros de distancia a partir de la parcela inicial.

La utilización de parcelas representadas por número de árboles se dio porque todas las plantaciones presentan un espaciamiento regular, pero en diferentes distanciamientos, lo que

garantizó el mismo número de observaciones por parcela, independiente del espaciamiento inicial.

En cada una de las parcelas se realizó la medición del DAP (diámetro a 1.3 m de altura), altura total, sanidad y forma de los árboles, área de la parcela, pendiente y espaciamiento. Para cuantificar el crecimiento y la productividad de las especies se utilizó el Incremento Medio Anual del diámetro a la altura del pecho (IMADAP), Incremento Medio Anual de la altura total (IMAALT), Incremento Medio Anual en volumen (IMAVOL), características de forma y sobrevivencia. Para el cálculo del IMAVOL se utilizó un factor de forma de 0.5 sugerido por Newbould (1967). Todos los árboles fueron clasificados en tres clases de forma (ejes rectos, poco sinuosos y muy sinuosos) y además se anotó la presencia de bifurcación a una altura inferior a cuatro metros.

Para el análisis de la información de la encuesta con preguntas dirigidas, se hizo el cálculo de la distribución de frecuencias de todas las variables, porcentajes para el total de la muestra y las estadísticas descriptivas. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de t y χ^2 para comparar dos grupos específicos. También fue utilizado un análisis multivariado para la caracterización de grupos de productores con características semejantes. Para eso, se hizo una estandarización de las variables para que todas tuvieran igual peso con la siguiente ecuación:

$$y_i = \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)$$

Donde: y_i = observación individual estandarizada
 x_i = observación individual
 \bar{x} = promedio
 S = desviación estándar

Se realizó un análisis discriminante con todas las variables y posteriormente un análisis tipo Cluster. Para el análisis estadístico de los grupos resultantes se utilizó la prueba de χ^2 y análisis de variancia, donde las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Duncan.

7.3. Resultados

7.3.1. Sarapiquí, Costa Rica

Descripción de los productores de Sarapiquí

En el Cantón de Sarapiquí fueron visitadas 21 comunidades para la realización del presente estudio. La mayoría de los productores entrevistados (60%) tenían propiedades menores a 10 has y solamente un 10% tenía fincas mayores a 50 has. Los hombres son los que administran las actividades productivas de las fincas. Solamente en el 12% de los casos, una mujer responde por las actividades productivas desarrolladas en la propiedad.

El 48% de los productores entrevistados viven en la propia finca. El tamaño de familia promedio es de 2.8 personas, normalmente consistiendo en una pareja con pocos hijos o personas de mayor edad que viven retiradas. Los productores que no viven en la finca, normalmente habitan las ciudades más cercanas y visitan la propiedad por lo menos una vez por semana. En solamente 12% de los casos el productor posee más de una finca.

La mayoría (66%) de los productores no han frecuentado la escuela o han estudiado solamente en la escuela primaria, 19% la secundaria y 14% la universidad. El promedio de edad del productor fue de 53 años y en promedio ya poseen la finca hacen 19 años y no piensan venderla, sino dejarla de herencia para los familiares.

En muchas de las fincas, el propietario y sus hijos son los únicos trabajadores. Sin embargo, el 60% de los productores utilizan mano de obra contratada, que comúnmente trabaja solamente en determinados periodos del año, en labores de agricultura y mantenimiento de la plantación forestal. En promedio se contrata 1 persona por temporada.

En la mayoría de las fincas se practica la agricultura (60%), y en menor proporción la ganadería. En 40% de los casos la única actividad desarrollada en la propiedad es la reforestación.

Todos los productores cuentan con el título de la propiedad y recibieron incentivos del gobierno para el establecimiento de las plantaciones (22% FDF y 78% CAF), el incentivo fue pago en efectivo y el productor se encargó de comprar los insumos para establecer la plantación. La mayoría de las tierras reforestadas fueron potreros (57%), seguido por agricultura (24%) y charral (19%). En ninguna propiedad se necesitó deforestar áreas para el establecimiento de la plantación.

Las fincas están ubicadas en terrenos con relieve predominante ondulado (57%), seguido por terrenos planos (43%). Ninguna finca se encontraba en terrenos con relieve inclinado.

Toma de decisión sobre el establecimiento de la plantación forestal

El 91% de los productores describen su actitud hacia el establecimiento de una plantación forestal como favorable y la mayoría de ellos (64%) mencionó que personas importantes tales como, familiares, extensionistas y amigos tenían una opinión a favor de plantaciones forestales. Sin embargo, esa aceptabilidad de la actividad forestal fue despertada hace pocos años, cuando los productores empezaron a preocuparse por la escasez de madera y paralelamente se aumentaba la presencia de técnicos en el campo prestando asistencia técnica y promocionando la reforestación.

En una caracterización de la toma de decisión del productor sobre el establecimiento de una plantación forestal en relación con la opinión de otras personas, el 52% tenía una posición dependiente y 48% una posición independiente.

Gran parte de los productores (62%) probablemente van a continuar reforestando. Sin embargo, el 77% de ellos solo continuarán reforestando si reciben apoyo económico, pues no tienen recursos propios. Solamente 15% de los productores están dispuestos a reforestar con recursos propios y 8% dicen necesitar solamente las plantas.

Los finqueros que probablemente no van a continuar reforestando (38%), lo justifican por diversos motivos, tales como baja productividad (12%), bajos rubros e impuntualidad en el pago de los incentivos (31%), y por el tamaño de la finca (57%), es decir, son favorables pero no disponen de más área para reforestar.

El 72% de los productores solicitarían nuevamente los incentivos para reforestar, porque la mayoría lo reconoce como una ayuda y dicen que los costos de reforestar son relativamente altos.

El objetivo principal de los productores es tener un beneficio económico a través de la venta de la madera producida en los raleos y en la cosecha final (62%). Sin embargo, algunos

productores han reforestado por otros motivos, que los podemos agrupar como un objetivo ambiental (38%), es decir, que piensan dejar la plantación como una reserva en la finca.

Comparando el grupo de productores que han reforestado por razones económicas con el grupo de productores que reforestaron por razones ambientales, se observó que para la mayoría de las variables no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($p < 0.05$) (Cuadro 7.1). Con excepción del objetivo de la plantación y la educación, es decir, los productores que sembraron por razones económicas tienen el objetivo de aprovechar la madera de la plantación y cuentan con un menor nivel de educación y los que sembraron por razones ambientales tienen el objetivo de dejar parte de la reforestación como reserva y cuentan con un mayor nivel de educación.

Cuadro 7.1 - Diferencias estadísticas entre los productores que han reforestado por razones económicas (n=26) y los que han reforestado por razones ambientales (n=16), en Sarapiquí, Costa Rica.

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Área de la finca	t-test	0.3039
Años de poseer la finca	t-test	0.1485
Moradores	t-test	0.9750
Número de personas contratadas	t-test	0.4769
Número de especies que utilizó	t-test	0.2328
Área plantada	t-test	0.6166
Edad	t-test	0.0647
Genero	χ^2	0.3747
Uso anterior de la tierra	χ^2	0.9900
Toma de decisión	χ^2	0.8225
Quiere plantar más árboles	χ^2	0.4575
Quiere más incentivo	χ^2	0.0876
Como aprendió a manejar la plantación	χ^2	0.8331
Objetivo de la plantación	χ^2	0.0323
Problemas con el cultivo de árboles	χ^2	0.5251
Preferencia por sistema de producción	χ^2	0.6877
Vive en la finca	χ^2	0.3030
Tiene otras fincas	χ^2	0.3747

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Nivel de educación	χ^2	0.0188
Contacto con el extensionista	χ^2	0.8601

Pocos productores acreditan que su situación económica irá a empeorar en los próximos 10 años. Sin embargo, más de la mitad de ellos creen que la situación económica del país puede empeorar algo en el futuro.

Ese pesimismo en relación a la situación económica nacional puede ser reflejo de la actual política forestal existente en Costa Rica, ya que 74% de los productores la consideran mala por diferentes razones. La principal razón son los montos pagos para el establecimiento y mantenimiento de la plantación, que según gran parte de los productores son insuficientes. La burocracia y el largo tiempo demandado en los trámites para el pago de incentivos y permisos de corta muchas veces limita la participación de los productores que viven alejados a las oficinas del gobierno.

Por otro lado, el Instituto de Desarrolla Agrario (IDA) no permite el establecimiento de plantaciones forestales en tierras consideradas aptas para la agricultura. Sin embargo, los productores saben por experiencia que las tierras no sirven para la agricultura y están reclamando esas tierras para la reforestación. Ese choque de políticas de desarrollo está limitando una mayor expansión de la actividad forestal en la zona.

Aún con los incentivos del gobierno y facilidades en el establecimiento de plantaciones forestales entre el año de 1990 y 1995, algunos productores no se han interesado por la reforestación. La principal razón por la cual no todos los productores han reforestado fue el largo tiempo de espera para lograr algún beneficio financiero (42%), por lo que muchos productores prefieren otras actividades de uso de la tierra, como la ganadería y agricultura. Otras razones también fueron citadas, como la inseguridad en conseguir futuros permisos de corta de las plantaciones, el choque de políticas de desarrollo y que los incentivos para la reforestación no son considerados muy atractivos para algunos productores. El tamaño de la propiedad también fue una limitante para el establecimiento de plantaciones.

Características y comportamiento de las plantaciones

Las plantaciones estudiadas fueron establecidas entre el año 1990 y 1995. El tamaño promedio de las plantaciones fue de 3.7 ha por propiedad. Normalmente las plantaciones están representadas por sistemas puros con diferentes especies nativas y exóticas, conformando un mosaico de especies en bloques puros. Cada bloque tiene en promedio 1.2 ha y los productores utilizan en promedio 3 especies en sus plantaciones.

En total se utilizaron 17 especies en la reforestación, 14 nativas y 3 exóticas. Las especies más utilizadas de manera generalizada fueron *Dipteryx panamensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Hieronyma alchorneoides*, *Virola koschnyi*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea* y *Stryphnodendron microstachyum*.

Según la preferencia de los productores, las especies con mejores crecimientos son *C. alliodora*, *G. arborea*, *T. amazonia*, *T. grandis*, *V. guatemalensis* y *V. koschnyi* (Figura 7.1).

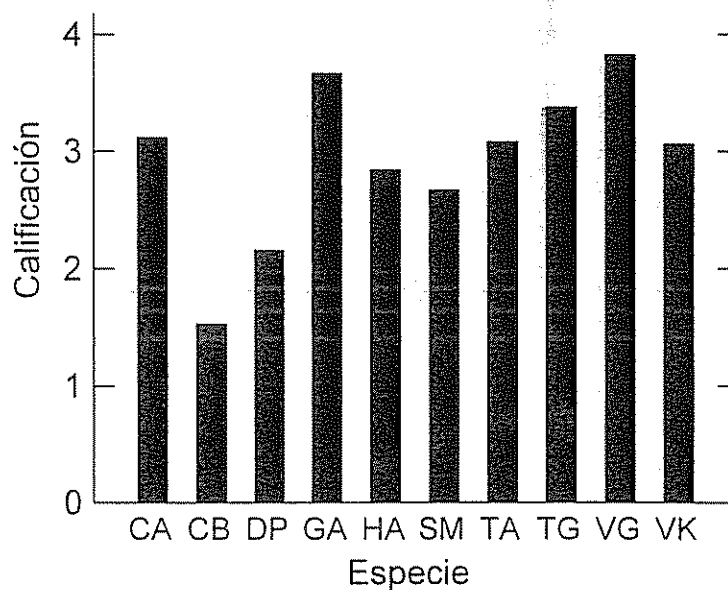


Figura 7.1 - Promedio de la calificación dada por el productor para el crecimiento de las especies más utilizadas en la reforestación en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica (1=malo; 2=regular; 3=bueno; 4=excelente). CA, *Cordia alliodora*; CB, *Calophyllum brasiliense*; DP, *Dipteryx panamensis*; GA, *Gmelina arborea*; HA, *Hieronyma alchorneoides*; SM, *Stryphnodendron microstachyum*; TA, *Terminalia amazonia*; TG, *Tectona grandis*; VG, *Vochysia guatemalensis*; VK, *Virola koschnyi*

La mayoría de los finqueros (67%) prefieren utilizar especies nativas en la reforestación y 33% prefieren exóticas, tales como *Eucalyptus spp.*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*.

Comparando el grupo de productores que prefieren especies nativas con el grupo de productores que prefieren exóticas, se observó que para la mayoría de las variables no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($p < 0.05$) (Cuadro 7.2). Con excepción del uso anterior de la tierra, tenencia de otras fincas, educación y preferencia por sistema de producción, o sea, los productores que prefieren las nativas tenían cultivos y charrales en el terreno donde establecieron la plantación, no tienen otras fincas, presentan menor nivel de educación y prefieren plantaciones mixtas. En cambio, los que prefieren exóticas tienen mayor nivel de educación, poseen otras fincas, tenían principalmente pasturas en el terreno donde se estableció la reforestación y prefieren plantaciones puras.

Cuadro 7.2 - Diferencias estadísticas entre los productores que prefieren especies nativas (n=28) y los que prefieren especies exóticas (n=14) en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Área de la finca	t-test	0.6122
Años de poseer la finca	t-test	0.1646
Moradores	t-test	0.3122
Número de personas contratadas	t-test	0.6822
Número de especies que utilizó	t-test	0.6695
Área plantada	t-test	0.4251
Edad	t-test	0.7088
Genero	χ^2	0.7362
Uso anterior de la tierra	χ^2	0.0300
Toma de decisión	χ^2	0.7497
Quiere plantar más árboles	χ^2	0.8626
Quiere más incentivo	χ^2	0.1473
Como aprendió manejar la plantación	χ^2	0.5519
Objetivo de la plantación	χ^2	0.4678
Problemas con el cultivo de árboles	χ^2	1.0000
Preferencia por sistema de producción	χ^2	0.0297
Vive en la finca	χ^2	0.3822
Tiene otras fincas	χ^2	0.0184

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Nivel de educación	χ^2	0.0185
Contacto con el extensionista	χ^2	0.2037

El sistema puro de plantación es el más aceptado por los productores (71%). Sin embargo, algunos prefieren plantaciones mixtas por diferentes motivos, tales como la disminución del ataque de plagas, el mejor crecimiento por una mejor interacción entre diferentes especies en el aprovechamiento del sitio, o también, cuando la plantación tiene un objetivo de restauración de áreas degradadas.

Solamente 12% de los finqueros han sacado leña de la plantación. La producción de leña no parece ser un objetivo para el establecimiento de una plantación en la zona de Sarapiquí, pues 17% de los productores ya no utilizan leña en las actividades domésticas y 71% dicen tener otras fuentes de leña en la finca, mostrando que la leña es un recurso aún abundante.

El productor es quien decidió cuales especies plantar y determinó en que parte de la finca se iba establecer la plantación. Aunque, la escogencia de la especie estaba limitada por la disponibilidad de plantas en los viveros de la zona. En 38% de los casos, fue el extensionista quien indicó la especie y/o el sitio para el establecimiento de la plantación.

La gran mayoría de los finqueros utilizan prácticas silviculturales en las plantaciones (Cuadro 7.3). Eso se debe a que 93% de ellos han tenido frecuente contacto con un extensionista, que en muchos casos han apoyado en las prácticas silviculturales (Cuadro 7.4). El 71% de los productores han aprendido el manejo de plantaciones forestales con el extensionista, 24% han aprendido en la escuela o en cursos de capacitación y en la experiencia de campo, y solamente 5% no saben manejar plantaciones forestales.

Cuadro 7.3 - Productores que utilizan diferentes prácticas silviculturales en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Replante	Limpia	Fertilización	Poda	Raleo	Ninguna
85.7%	95.2%	50.0%	88.1%	71.4%	2.4%

Cuadro 7.4 - Productores que recibieron apoyo de extensionistas en las diferentes prácticas silviculturales en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Replante	Limpia	Poda	Raleo
33.3%	47.6%	80.9%	71.4%

Las plantaciones fueron establecidas en tres distintos espaciamientos, 3 x 3, 3.5 x 3.5 y 4 x 4 m. Aunque la mayoría de las plantaciones (73%) fueron establecidas con un espaciamiento de 3 x 3 m, seguido por 4 x 4 m (25%).

El número de árboles por hectárea, variable dependiente del espaciamiento inicial, que representa la densidad actual de los rodales, mostró una baja variación. La sobrevivencia de las especies en este estudio refleja el porcentaje de árboles remanentes en la plantación, después de actividades de resiembra, prácticas de manejo como el raleo y de procesos naturales que promueven la mortalidad, y proporciona información sobre la intensidad de los raleos realizados (Cuadro 7.5).

Cuadro 7.5 - Sobrevivencia y número de árboles por hectárea en plantaciones forestales establecidas por productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.

Especie	Sobrevivencia (%)	Numero de árboles/ha
<i>Calophyllum brasiliense</i>	87.1	840
<i>Vochysia guatemalensis</i>	75.1	647
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	72.4	634
<i>Virola koschnyi</i>	72.4	681
<i>Cordia alliodora</i>	71.9	693
<i>Terminalia amazonia</i>	69.0	597
<i>Tectona grandis</i>	68.0	689
<i>Dipteryx panamensis</i>	66.6	654
<i>Gmelina arborea</i>	59.5	653

La especie con mayor sobrevivencia fue *C. brasiliense* que presentó un 87.1% de los árboles inicialmente sembrados, seguido de *V. guatemalensis* con una sobrevivencia de 75.1%. *G. arborea* presentó el valor más bajo de sobrevivencia con 59.5%.

Para comparar el crecimiento de las plantaciones de los productores entrevistados se utilizó el IMADAP promedio dividido en tres clases de crecimiento (Cuadro 7.6). Las plantaciones, de manera general, tuvieron un buen crecimiento, estando la mayoría con incrementos diamétricos mayores a 2 cm anuales. En ningún caso fueron encontradas plantaciones con incrementos diamétricos inferiores a 1 cm, lo que indica el buen comportamiento de las especies utilizadas en la zona.

Cuadro 7.6 - Distribución en clases de crecimiento de las plantaciones establecidas por productores del Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.

	IMADAP (cm)	Nº de plantaciones	% de plantaciones
Alto	> 2	26	61.9
Mediano	≥ 1 y ≤ 2	16	38.1
Bajo	< 1	0	0

La mayoría de las especies utilizadas mostraron un buen potencial productivo en plantaciones comerciales, principalmente *Vochysia guatemalensis*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Terminalia amazonia* (Cuadro 7.7).

Cuadro 7.7 - Incremento medio anual en diámetro (IMADAP), incremento medio anual en altura (IMAALT) e incremento medio anual en volumen (IMAVOL) de las 9 especies forestales más utilizadas por productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.

Especie	IMADAP (cm/año)	IMAALT (m/año)	IMAVOL (m ³ /ha/año)
<i>Gmelina arborea</i>	2.90(0.13)	2.24(0.11)	31.49(3.84)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	2.59(0.08)	1.90(0.07)	23.51(3.48)
<i>Terminalia amazonia</i>	2.36(0.07)	1.97(0.08)	17.66(1.91)
<i>Tectona grandis</i>	2.36(0.15)	1.88(0.11)	21.39(3.42)
<i>Cordia alliodora</i>	2.09(0.10)	1.68(0.09)	15.67(1.70)
<i>Virola koschnyi</i>	1.95(0.09)	1.41(0.10)	11.47(2.05)
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	1.85(0.07)	1.71(0.07)	10.21(1.64)
<i>Dipteryx panamensis</i>	1.73(0.13)	1.94(0.13)	7.90(1.17)
<i>Calophyllum brasiliense</i>	1.48(0.04)	1.29(0.05)	5.95(0.84)

Promedios seguidos del error estándar.

Las especies *V. koschnyi*, y *V. guatemalensis* presentaron la mayor proporción de ejes rectos y muy baja proporción de árboles bifurcados. En general todas las especies presentaron buena forma y bajos porcentajes de bifurcación, con excepción de *H. alchorneoides* y *T. grandis* que presentaron calidades de fuste inferiores y altos porcentajes de bifurcación. *G. arborea* también presentó una calidad de fuste inferior al compararla con las especies nativas, a pesar de ser la especie de mejor crecimiento (Cuadro 7.8).

Cuadro 7.8 - Forma de los árboles en plantaciones forestales establecidas por productores en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con edades entre 6 y 11 años.

Especie	Ejes rectos (%)	Poco sinuosos (%)	Muy sinuosos (%)	Árboles bifurcados (%)
<i>Virola koschnyi</i>	100.0	0.0	0.0	0.0
<i>Vochysia guatemalensis</i>	96.8	2.6	0.6	1.3
<i>Terminalia amazonia</i>	96.6	3.4	0.0	7.6
<i>Calophyllum brasiliense</i>	95.1	4.9	0.0	4.4
<i>Dipteryx panamensis</i>	89.2	10.1	0.7	5.8
<i>Gmelina arborea</i>	86.2	12.2	1.6	0.8
<i>Cordia alliodora</i>	86.0	12.0	2.0	4.0
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	84.0	15.3	0.7	14.7
<i>Tectona grandis</i>	78.9	17.6	3.5	8.5

La mitad de los productores tuvieron problemas con el cultivo de árboles. El principal problema fue el ataque de plagas, tales como hormigas cortadoras (*Atta spp.*) en la fase de establecimiento e insectos barrenadores (*Cossula sp.*), principalmente en el tronco de *T. amazonia*. La antracnosis, causada por el hongo *Glomerella spp.* afectó severamente las plantaciones de *S. microstachyum*, ocasionando en algunos casos la pérdida total de la plantación. Las guatusas (*Dasyprocta punctata*) también han provocado daños en algunas plantaciones de *H. alchorneoides* y *V. guatemalensis*, por depredaren el tronco y las raíces de los árboles. Algunos productores tuvieron problemas con las plantas producidas en estaca de *C. alliodora* y *H. alchorneoides*, que presentaron una elevada mortalidad y problemas de forma. La otra mitad de productores nunca tuvieron problemas con el cultivo de árboles.

7.3.2. Carazo, Nicaragua

Descripción de los productores de Carazo

En el Departamento de Carazo fueron visitadas 35 comunidades para la realización del presente estudio. De los productores entrevistados, el 46% tenían propiedades menores a 10 has y solamente un 7% tenía fincas mayores a 50 has. El tamaño de finca promedio fue de 21 has. Los hombres son los que administran las actividades productivas de las fincas. Solamente en 10% de los casos la mujer se encarga de las actividades productivas desarrolladas en la propiedad.

El 71% de los productores entrevistados viven en la propia finca. El tamaño de familia promedio es de 6 personas, normalmente consistiendo en una pareja con varios hijos. Los productores que no viven en la finca, normalmente habitan las ciudades más cercanas y la mayoría visita la propiedad por lo menos una vez por semana. En solamente 21% de los casos el productor posee más de una finca.

El 67% de los productores no cuentan con educación primaria, el 14% han estudiado solamente la primaria, 3% la secundaria y 16% la universidad. El promedio de edad del productor fue de 48 años y en promedio ya posee la finca hace 17 años y no piensa venderla, sino dejarla de herencia para los familiares.

En muchas de las fincas, el propietario y sus hijos son los únicos trabajadores. Aunque el 33% de los productores utilizan mano de obra contratada, que comúnmente trabaja solamente en labores de agricultura y ganadería. Para el mantenimiento de la plantación forestal prácticamente no se utiliza mano de obra contratada, sino la mano de obra familiar. En promedio se contrata 1 persona por temporada.

En la mayoría de las fincas se practica la agricultura (91%), y en menor proporción la ganadería (31%). En solamente 6% de los casos la única actividad desarrollada en la propiedad es la reforestación.

Todos los productores tienen el título de la tierra y recibieron incentivos del gobierno para el establecimiento de las plantaciones, el incentivo fue pago en forma de plantas, insumos, herramientas, asistencia técnica y en algunos casos en efectivo, y el productor se encargó de

establecer y mantener la reforestación. La mayoría de las tierras reforestadas fueron potreros (43%), seguido por agricultura (31%) y charral (26%). En ninguna propiedad se necesitó suprimir bosque natural para establecer la plantación.

Las fincas están ubicadas en terrenos con relieve predominante ondulado (83%), seguido por terrenos planos (17%). Ninguna finca se encontraba en terrenos con relieve inclinado.

Toma de decisión sobre el establecimiento de la plantación forestal

Todos los productores describen su actitud hacia el establecimiento de una plantación forestal como favorable y mencionaron que personas importantes tales como, familiares, extensionistas y amigos tenían una opinión favorable sobre las plantaciones forestales. Esa aceptabilidad de la actividad forestal fue despertada hacen pocos años, cuando los productores empezaron a preocuparse con la falta de madera y leña para sus necesidades domésticas y por la escasez de agua. Sin embargo, el aspecto más importante para el cambio de comportamiento del productor fue el resultado de la promoción de los programas de incentivo a la reforestación hecha por técnicos de organizaciones no gubernamentales financiadas por el gobierno.

La influencia de los técnicos sobre el productor fue bastante clara cuando se caracterizó la toma de decisión del productor, para el establecimiento de la plantación forestal, en relación a la opinión de otras personas, ya que 90% tenía una posición dependiente.

La mayoría de los productores (90%) probablemente van a continuar reforestando. Sin embargo, el 57% de ellos solo continuarán reforestando si reciben apoyo económico, pues no cuentan con recursos propios. El 43% de los productores están dispuestos a reforestar con recursos propios principalmente por necesidad de leña en las actividades domésticas.

Los finqueros que probablemente no van a continuar reforestando (10%), lo justifican por dos motivos, la baja productividad de los cultivos forestales en la zona (14%) y el pequeño tamaño de la finca (86%).

El 94% de los productores solicitarían nuevamente los incentivos para reforestar, porque la mayoría no cuenta con condiciones económicas para establecer plantaciones forestales.

El objetivo principal de los productores es tener un beneficio económico a través del aprovechamiento de la madera y leña producida en los raleos y en la cosecha final (77%). Sin embargo, algunos productores han reforestado por otros motivos, que los podemos agrupar como un objetivo ambiental (23%), y piensan dejar la plantación como una reserva en la finca.

Comparando el grupo de productores que han reforestado por razones económicas con el grupo de productores que reforestaron por razones ambientales, se observó que para la mayoría de las variables no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($p < 0.05$) (Cuadro 7.9). Con excepción del objetivo de la plantación, si el productor vive en la finca y como aprendió a manejar la plantación, o sea, los productores que sembraron por razones económicas tienen el objetivo de aprovechar madera y leña de la plantación, viven en la finca y han aprendido a manejar la plantación con el extensionista. Los que sembraron por razones ambientales tienen el objetivo de dejar parte de la reforestación como reserva, el 50% no vive en la finca y una cuarta parte de ellos han aprendido a manejar plantaciones en la escuela o en cursos de capacitación.

Cuadro 7.9 - Diferencias estadísticas entre los productores que han reforestado por razones económicas (n=54) y los que han reforestado por razones ambientales (n=16), en Carazo, Nicaragua.

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Área de la finca	t-test	0.1637
Años de poseer la finca	t-test	0.6519
Moradores	t-test	0.2624
Número de personas contratadas	t-test	0.2897
Número de especies que utilizó	t-test	0.9116
Área plantada	t-test	0.9849
Edad	t-test	0.3487
Genero	χ^2	0.5692
Uso anterior de la tierra	χ^2	0.4122
Toma de decisión	χ^2	0.5727
Quiere plantar más árboles	χ^2	0.5915
Quiere más incentivo	χ^2	0.9163
Como aprendió manejar la plantación	χ^2	0.0475
Objetivo de la plantación	χ^2	0.0048

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Problemas con el cultivo de árboles	χ^2	0.3435
Preferencia por sistema de producción	χ^2	0.2320
Vive en la finca	χ^2	0.0308
Tiene otras fincas	χ^2	0.7662
Nivel de educación	χ^2	0.1736
Contacto con el extensionista	χ^2	1.0000

Ningún productor acredita que su situación económica irá a empeorar en los próximos 10 años, los más pesimistas acreditan que su situación económica irá seguir igual. La mayoría (95%) cree que la situación tiende a mejorar. Igualmente, ningún productor acredita que la situación económica del país irá a empeorar en los próximos 10 años, y la gran mayoría cree que la situación tiende a mejorar substancialmente.

Ese optimismo en relación a la situación económica nacional puede ser reflejo de la actual política forestal existente en Nicaragua, ya que 89% de los productores la calificaron como buena, principalmente porque después que empezaron a recibir los incentivos, han notado una mejora en la calidad de vida y un aumento en la productividad de la finca de una manera general. Sin embargo, muchos productores han alertado sobre la necesidad de que los programas de incentivo sean a más largo plazo, para garantizar el mantenimiento y aprovechamiento de las plantaciones establecidas.

Los pocos productores que han criticado la política forestal, argumentan que los montos pagos para el establecimiento y mantenimiento de la plantación son insuficientes.

Mismo con los incentivos y la promoción hecha por las organizaciones no gubernamentales para el establecimiento de plantaciones forestales entre el año de 1997 y 1998, algunos productores no se han interesado por la actividad. La principal razón por la cual no todos los productores han reforestado fue la preferencia por otras actividades de uso de la tierra, como la agricultura y ganadería (53%), seguido por el largo tiempo de rotación que demanda el cultivo forestal (14%). Otra razón citada fue la inseguridad en conseguir futuros permisos de corta de las plantaciones.

Características y comportamiento de las plantaciones

Las plantaciones estudiadas fueron establecidas entre 1997 y 1998. El tamaño promedio de las plantaciones fue de 1.8 has por propiedad y están representadas por diferentes sistemas de producción, es decir, bloques puros de especies maderables o energéticas, y bloques mixtos con diferentes especies maderables y energéticas en diferentes arreglos. Los productores utilizan en promedio cinco especies en sus plantaciones.

En el total se utilizaron 22 especies en la reforestación, 17 nativas y 5 exóticas. Las especies más utilizadas de manera generalizada fueron *Azadirachta indica*, *Bombacopsis quinata*, *Cordia alliodora*, *Caesalpinia eriostachys*, *Cedrela odorata*, *Eucalyptus spp.*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Swietenia macrophylla*, *Samanea saman*, *Tectona grandis* y *Tabebuia rosea*.

Según la preferencia de los productores, las especies con mejores crecimientos son *A. indica*, *C. eriostachys*, *Eucalyptus spp.*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, y *T. grandis* (Figura 7.2).

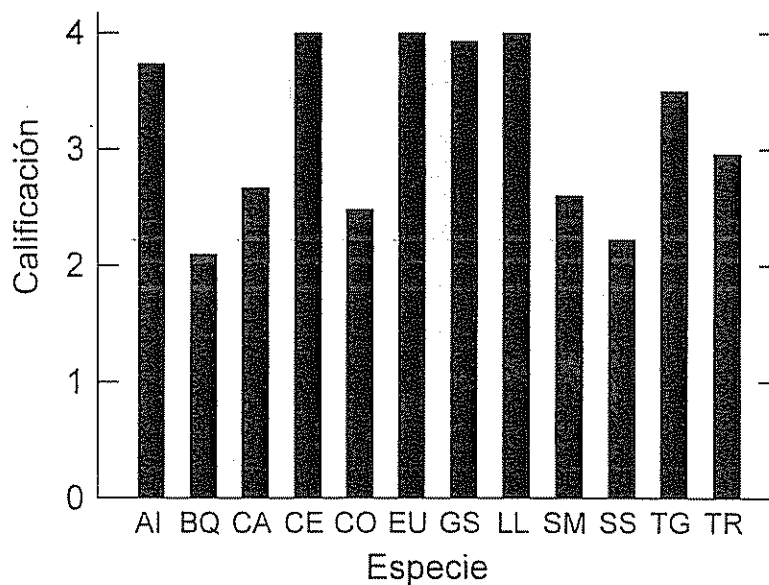


Figura 7.2 - Promedio de la calificación dada por el productor para el crecimiento de la especies más utilizadas en la reforestación en el Departamento de Carazo, Nicaragua (1=malo; 2=regular; 3=bueno; 4=excelente). AI, *Azadirachta indica*; BQ, *Bombacopsis quinata*; CA, *Cordia alliodora*; CE, *Caesalpinia eriostachys*; CO, *Cedrela odorata*; EU, *Eucalyptus spp.*; GS, *Gliricidia sepium*; LL, *Leucaena leucocephala*; SM, *Swietenia macrophylla*; SS, *Samanea saman*; TG, *Tectona grandis*; TR, *Tabebuia rosea*.

La mayoría de los finqueros (80%) prefieren utilizar especies nativas en la reforestación y los demás prefieren exóticas, tales como *Azadirachta indica*, *Eucalyptus spp.*, *Tectona grandis*, *Acacia spp.* y *Leucaena leucocephala*.

Comparando el grupo de productores que prefieren especies nativas con el grupo de productores que prefieren exóticas, se observó que para ninguna de las variables existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($p < 0.05$) (Cuadro 7.10). La menor probabilidad encontrada fue para preferencia por sistema de producción, donde 50 % de los productores que prefieren nativas también prefieren plantaciones mixtas. Los productores que prefieren especies exóticas prefieren plantaciones puras.

Cuadro 7.10 - Diferencias estadísticas entre los productores que prefieren especies nativas (n=56) y los que prefieren especies exóticas (n=14) en Carazo, Nicaragua.

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Área de la finca	t-test	0.3089
Años de poseer la finca	t-test	0.4309
Moradores	t-test	0.6486
Número de personas contratadas	t-test	0.6992
Número de especies que utilizó	t-test	0.8656
Área plantada	t-test	0.2495
Edad	t-test	0.5363
Genero	χ^2	0.6903
Uso anterior de la tierra	χ^2	0.1184
Toma de decisión	χ^2	0.3043
Quiere plantar más árboles	χ^2	0.5668
Quiere más incentivo	χ^2	0.7968
Como aprendió manejar la plantación	χ^2	0.9092
Objetivo de la plantación	χ^2	0.2963
Problemas con el cultivo de árboles	χ^2	0.2460
Preferencia por sistema de producción	χ^2	0.0542
Vive en la finca	χ^2	0.1859
Tiene otras fincas	χ^2	0.4665
Nivel de educación	χ^2	0.1260
Contacto con el extensionista	χ^2	1.0000

El sistema puro de plantación parece ser el preferido por los productores (56%). Sin embargo, muchos productores han establecido y aún prefieren plantaciones mixtas por diferentes motivos, tales como la disminución del ataque de plagas, y principalmente por poder sacar diferentes productos de la plantación en diferentes períodos. Es común plantaciones donde se asocian especies maderables y energéticas, que son manejadas para satisfacer las necesidades domésticas.

El 19% de los finqueros ya han sacado leña de la plantación a edades tempranas (3 y 4 años). La producción de leña es el principal objetivo en el establecimiento de una plantación en el Departamento de Carazo (66%), pues casi todos los productores utilizan leña en las actividades domésticas y están concientes de la creciente escasez de este producto en la zona.

Los productores fueron los que decidieron cuales especies plantar. Aunque, la escogencia de la especie estaba limitada por la disponibilidad de plantas en los viveros de las organizaciones que estaban fomentando la reforestación.

El manejo de las plantaciones consiste en actividades de replante y limpia. La fertilización no es una práctica común y menos de la mitad de los productores aplica la poda (Cuadro 7.11). Todavía ninguna plantación fue raleada, debido a la temprana edad en que se encuentran y a los bajos crecimientos. Todos los productores han tenido contacto con un extensionista, aunque en algunos casos los productores no han tenido apoyo para la realización de las prácticas silviculturales (Cuadro 7.12). El 62% de los productores han aprendido el manejo de plantaciones forestales con el extensionista, 11% han aprendido en la escuela o en cursos de capacitación y en la experiencia de campo, y 27% no saben manejar plantaciones forestales.

Cuadro 7.11 - Productores que utilizan diferentes prácticas silviculturales en la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua.

Replante	Limpia	Fertilización	Poda	Raleo	Ninguna
77.1%	100%	11.4%	47.1%	0%	0%

Cuadro 7.12 - Productores que recibieron apoyo de extensionistas en las diferentes prácticas silviculturales en la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua.

Replante	Limpia	Poda	Raleo
68.6%	77.1%	41.4%	0%

Fueron identificadas plantaciones establecidas en 21 espaciamientos distintos, que varían desde 2 x 2 m hasta 8 x 8 m. Aunque la mayoría de las plantaciones fueron establecidas con espaciamientos entre 3 x 3 m y 6 x 6 m.

El número de árboles por hectárea, variable dependiente del espaciamiento inicial, que representa la densidad actual de los rodales, mostró una alta variación, por los diferentes espaciamientos utilizados.

La especie con mayor sobrevivencia fue *T. grandis* que presentó 100% de los árboles inicialmente plantados, aunque solamente una plantación fue muestreada. *S. macrophylla* y las plantaciones mixtas mostraron una buena sobrevivencia. *C. odorata* y *B. quinata* fueron las especies con el valor más bajo de sobrevivencia (Cuadro 7.13).

Cuadro 7.13 - Mortalidad y número de árboles por hectárea en plantaciones establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.

Especie*	Sobrevivencia (%)	Número de árboles/ha
<i>Tectona grandis</i> (1)	100.0	1706
<i>Swietenia macrophylla</i> (8)	72.0(7.1)	696(140.9)
<i>Cordia alliodora</i> (1)	73.0	136
<i>Samanea saman</i> (1)	80.0	728
<i>Cedrela odorata</i> (3)	54.3(16.7)	347(168.9)
<i>Bombacopsis quinata</i> (2)	41.5(11.5)	777(604.0)
Mixtas (50)	67.6(3.29)	718(79.5)

Promedios seguidos del error estándar.

*número de plantaciones muestreadas.

En la comparación del crecimiento de las plantaciones de los productores entrevistados se utilizó el IMADAP promedio dividido en tres clases de crecimiento (Cuadro 7.14). Las plantaciones, de manera general, tuvieron un bajo crecimiento, estando la mayoría con

incrementos diamétricos inferiores a 1 cm anuales. No fueron encontradas plantaciones con incrementos diamétricos superiores a 2 cm.

Cuadro 7.14 - Distribución en clases de crecimiento de las plantaciones establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.

	IMADAP (cm)	Nº de plantaciones	% de plantaciones
Alto	> 2	0	0
Mediano	≥ 1 y ≤ 2	20	29
Bajo	< 1	50	71

De las especies utilizadas, *T. grandis* y *S. macrophylla* fueron las que mostraron un buen potencial productivo. *B. quinata* fue la especie con el más bajo crecimiento y aparentemente tiene problemas silviculturales en la zona (Cuadro 7.15).

Cuadro 7.15 - Crecimiento y productividad de plantaciones forestales establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.

Especie*	IMADAP (cm/año)	IMAALT (m/año)	IMAVOL (m ³ /ha/año)
<i>Tectona grandis</i> (1)	1.42	1.36	2.87
<i>Swietenia macrophylla</i> (8)	0.95(0.08)	0.67(0.06)	0.21(0.04)
<i>Samanea saman</i> (1)	0.83	0.44	0.19
<i>Cedrela odorata</i> (3)	0.83(0.25)	0.60(0.16)	0.15(0.13)
<i>Cordia alliodora</i> (1)	0.61	0.52	0.02
<i>Bombacopsis quinata</i> (2)	0.28(0.28)	0.33(0.07)	0.07(0.07)
Mixtas (50)	0.80(0.05)	0.63(0.03)	0.30(0.09)

Promedios seguidos del error estándar.

*número de plantaciones muestreadas.

El crecimiento promedio de las plantaciones mixtas fue relativamente bajo. Sin embargo, dentro la mezcla algunas especies han tenido un buen crecimiento, como *P. guachapele*, *C. eriostachys*, *S. saman*, *S. amara*, *C. odorata* y *S. macrophylla* (Cuadro 7.16).

Cuadro 7.16 - Crecimiento y productividad de plantaciones forestales mixtas establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.

Especie*	IMADAP (cm/año)	IMAALT (m/año)	IMAVOL (m ³ /ha/año)	Arb/ha
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (2)	1.23(0.08)	0.77(0.04)	0.02(0.01)	40(30.0)
<i>Caesalpinia eriostachys</i> (2)	1.09(0.10)	0.88(0.01)	0.03(0.01)	55(28.0)
<i>Samanea saman</i> (7)	1.01(0.20)	0.57(0.09)	0.07(0.04)	107(47.9)
<i>Simarouba amara</i> (3)	0.98(0.02)	0.52(0.19)	0.05(0.05)	122(66.8)
<i>Cedrela odorata</i> (28)	0.95(0.10)	0.65(0.06)	0.25(0.15)	290(55.2)
<i>Swietenia macrophylla</i> (41)	0.92(0.07)	0.70(0.06)	0.09(0.03)	236(32.0)
<i>Tabebuia rosea</i> (34)	0.84(0.06)	0.65(0.04)	0.08(0.02)	225(34.0)
<i>Tectona grandis</i> (4)	0.82(0.15)	0.75(0.20)	0.15(0.06)	357(63.0)
<i>Cordia alliodora</i> (8)	0.69(0.13)	0.58(0.10)	0.02(0.01)	102(21.9)
<i>Bombacopsis quinata</i> (25)	0.63(0.10)	0.42(0.04)	0.06(0.02)	275(51.8)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (2)	0.36(0.19)	0.62(0.04)	0.00(0.00)	16(1.5)

Promedios seguidos del error estándar.

*número de parcelas en que se encontró la especie.

Las especies *T. rosea* y *T. grandis* presentaron la mayor proporción de ejes rectos y una baja proporción de árboles bifurcados (Cuadro 7.17). *C. odorata* y *S. macrophylla* mostraron una buena forma, aunque han sido encontrados muchos árboles bifurcados. En general las especies presentaron fustes de baja calidad con altos porcentajes de bifurcación, debido principalmente al intenso ataque de plagas y la falta de actividades de manejo, como la poda.

Cuadro 7.17 - Forma de los árboles en plantaciones forestales establecidas por productores de la Cuenca del Río Grande de Carazo, Nicaragua, con edades entre 3 y 4 años.

Especie*	Ejes rectos (%)	Poco sinuosos (%)	Muy sinuosos (%)	Árboles bifurcados (%)
<i>Cordia alliodora</i> (73)	33	56	11	40
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (6)	0	50	50	67
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (2)	50	50	0	0
<i>Swietenia macrophylla</i> (515)	75	17	8	16
<i>Cedrela odorata</i> (296)	50	30	20	21
<i>Samanea saman</i> (66)	11	59	30	48
<i>Bombacopsis quinata</i> (248)	73	4	23	2

Especie*	Ejes rectos (%)	Poco sinuosos (%)	Muy sinuosos (%)	Árboles bifurcados (%)
<i>Tabebuia rosea</i> (249)	91	5	4	9
<i>Simarouba amara</i> (6)	17	50	33	50
<i>Caesalpinia eriostachys</i> (6)	50	50	0	33
<i>Tectona grandis</i> (59)	93	7	0	2

*número de árboles muestreados

La mayoría de los productores (93%) tuvieron problemas con el cultivo de árboles. Los problemas empezaron en el establecimiento de la plantación con el ataque de plagas, tales como hormigas cortadoras (*Atta spp.*) e insectos barrenadores como la *Hypsipyla grandella*. Los largos periodos de sequía y los vientos fuertes y constantes también afectan severamente las plantaciones. En propiedades donde se practican la ganadería y existen plantaciones forestales, el ganado estaba promoviendo muchos daños a los árboles por el ramoneo. El fuego también ha sido un problema en las épocas donde los productores lo utilizan para renovar las pasturas y accidentalmente alcanzan las plantaciones. Solamente el 7% de los productores nunca tuvieron problemas con el cultivo de árboles.

Las meliaceas *C. odorata* y *S. macrophylla* sufrieron repetidos ataques de *H. grandella*, tanto en plantaciones puras como mixtas. La frecuencia de ataques fue mayor en *C. odorata*, y prácticamente no hubo diferencias entre las plantaciones puras y mixtas (Cuadro 7.18).

Cuadro 7.18 - Porcentaje de árboles de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* atacados por *Hypsipyla grandella* en sistemas puros y mixtos de plantación.

Especie	% de árboles atacados por <i>H. grandella</i>
<i>Cedrela odorata</i>	
Pura	38.4
Mixta	40.7
<i>Swietenia macrophylla</i>	
Pura	24.6
Mixta	25.1

7.3.3. Comparación entre las características y preferencias de los productores de Costa Rica y Nicaragua

Se esperaba encontrar diferencias entre los productores de Costa Rica, que establecieron sus plantaciones en el trópico húmedo a más de 6 años, con una diferente modalidad de incentivo y en un contexto social diferente que los productores de Nicaragua, que establecieron sus plantaciones en el trópico seco a menos de 4 años.

Sin embargo, los productores de los dos países tienen algunas características comunes que no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), tales como, el área de la propiedad, número de personas contratadas para las labores en la finca, el responsable por las actividades productivas de la finca es el hombre, las pasturas predominaban antes del establecimiento de la plantación, prefieren plantaciones puras y especies nativas, plantaron por objetivos económicos y no tienen otras fincas.

Las diferencias estadísticas ($p < 0.05$) encontradas entre los productores son presentadas en el Cuadro 7.19. En Nicaragua viven más personas en la finca, los productores son más jóvenes y dependientes de la opinión de otras personas en aspectos relacionados con la reforestación, aprendieron a manejar plantaciones con los extensionistas y tienen un nivel educacional más bajo.

Además, los productores nicaragüenses han utilizado más especies en la reforestación, aunque el área plantada fue menor, probablemente van a continuar reforestando en el futuro y quieren continuar recibiendo los incentivos del gobierno, han tenido problemas con el cultivo de árboles y tienen el objetivo principal de aprovechar leña y madera de la plantación.

Cuadro 7.19 - Diferencias estadísticas entre los productores que han reforestado en el Cantón de Sarapiquí, Costa Rica ($n=42$) y los que han reforestado en el Departamento de Carazo, Nicaragua ($n=70$)

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Área de la finca	t-test	0.1155
Años de poseer la finca	t-test	0.3688
Moradores	t-test	0.0001
Número de personas contratadas	t-test	0.6944

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Número de especies que utilizó	t-test	0.0001
Área plantada	t-test	0.0001
Edad	t-test	0.0234
Genero	χ^2	0.7524
Uso anterior de la tierra	χ^2	0.2656
Toma de decisión	χ^2	0.0001
Quiere plantar más árboles	χ^2	0.0001
Quiere más incentivo	χ^2	0.0008
Como aprendió manejar la plantación	χ^2	0.0001
Objetivo de la plantación	χ^2	0.0001
Problemas con el cultivo de árboles	χ^2	0.0001
Preferencia por sistema de producción	χ^2	0.0978
Motivo	χ^2	0.0840
Vive en la finca	χ^2	0.0117
Tiene otras fincas	χ^2	0.2026
Nivel de educación	χ^2	0.0083
Contacto con el extensionista	χ^2	0.0234
Preferencia por especie	χ^2	0.1147

7.3.4. Definición y caracterización de grupos de productores

Después de los análisis realizados dentro de cada población en cada país y del análisis comparativo entre los dos países, fue realizado un análisis multivariado para la determinación de grupos de productores con características similares utilizando toda la muestra, y se identificaron cuatro grupos de productores con características distintas (Cuadro 7.20).

Cuadro 7.20 - Características de los grupos de productores definidos en el análisis multivariado.

Grupo	Nº de productores en Nicaragua	Nº de productores en Costa Rica	Área de la finca	Moradores	Nº de especies utilizadas	Área plantada
1	51	7	13.84 a	5.02 ab	4.74 a	1.53 b
2	4	12	44.66 ab	2.94 b	3.81 ab	3.33 a
3	7	10	63.35 a	3.65 b	4.12 ab	4.26 a
4	8	13	41.79 ab	6.62 a	3.33 b	3.23 a

Promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el grupo 1 predominan productores nicaragüenses, los productores costarricenses predominaron en los tres grupos restantes. El grupo 1 presentó el menor tamaño de finca y menor área plantada, significativamente inferior a los demás grupos de productores ($p < 0.05$). Sin embargo, fue el grupo que utilizó más especies en la reforestación. El grupo 3 presentó el mayor tamaño de finca y área plantada. Para todos los grupos existe una relación directa entre el área de la finca y el área de la plantación.

Para las variables cualitativas fueron realizadas pruebas estadísticas en la comparación de los grupos. Las variables que no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los grupos de productores son presentadas en el Cuadro 7.21. Para los productores de todos los grupos las pasturas predominaban antes del establecimiento de la plantación, el extensionista fue la principal herramienta para difundir las técnicas de manejo en una plantación forestal, la mayoría vive en la finca, han reforestado por motivos económicos, prefieren especies nativas y sistemas puros de producción.

Cuadro 7.21 - Diferencias estadísticas entre los grupos de productores definidos en el análisis multivariado.

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Uso anterior de la tierra	χ^2	0.7939
Toma de decisión	χ^2	0.0001
Quiere plantar más árboles	χ^2	0.0001
Quiere más incentivo	χ^2	0.0001
Como aprendió manejar la plantación	χ^2	0.3753

Variable	Prueba	Probabilidad (p)
Problemas con el cultivo de árboles	χ^2	0.0001
Preferencia por especie	χ^2	0.1572
Preferencia por sistema de producción	χ^2	0.3268
Motivo	χ^2	0.0744
Vive en la finca	χ^2	0.2160
Educación	χ^2	0.0430

Los productores del grupo 1 tuvieron la toma de decisión totalmente dependiente de la opinión de otras personas, y los del grupo 3 totalmente independiente. Los productores del grupo 2 y 4 no presentaron una clara distinción con respecto a esa variable.

Los finqueros del grupo 2 probablemente no van a seguir reforestando en el futuro, ya la mayoría de los productores de los otros grupos probablemente continuaran reforestando. Coincidentemente los mismos individuos del grupo 2 no quieren recibir más incentivos para la reforestación y todos los finqueros de los otros grupos quieren recibir los incentivos para reforestar más áreas en el futuro.

Todos los productores del grupo 1 tuvieron problemas con el cultivo de árboles y la mayoría de los finqueros del grupo 2 y 3 también lo tuvieron. En cambio, los productores del grupo 4 prácticamente no tuvieron problemas en la reforestación.

En el grupo 1 es donde se encuentran los individuos con los más bajos niveles de educación, seguido por el grupo 4 y el grupo 2, respectivamente. En el grupo 3 es donde están concentrados los productores con los mayores niveles de educación.

7.4. Discusión

7.4.1. Características y aspiraciones de los productores

Estudios anteriores (Díaz 1995, Korhonen 2000) indican que la mayoría de los productores de Costa Rica han visto la reforestación como una alternativa para incorporar las áreas marginales de la finca al proceso productivo, buscando satisfacer objetivos ambientales y/o económicos.

En este estudio se encontró que el objetivo principal de la plantación para los productores fue brindar beneficios económicos y productos forestales para la finca. Sin embargo, en muchos estudios anteriormente realizados en Costa Rica el objetivo ambiental ha prevalecido (Martínez *et al.* 1994, Current 1995, Díaz 1995, Schelhas *et al.* 1997, Thacher *et al.* 1997), aunque las diferentes metodologías utilizadas dificultan una comparación de los resultados. En la realidad, el objetivo de la plantación está íntimamente asociado a la situación económica del productor y su nivel educacional. Cuando los productores son pobres, plantan árboles por satisfacer necesidades económicas y domésticas. Current y Scherr (1995) refuerzan esa hipótesis ya que han reportado que el objetivo económico es la principal razón del establecimiento de plantaciones forestales en Centroamérica, donde predominan altos niveles de pobreza, principalmente en el medio rural (Kaimowitz 1996).

Los productores tienen la perspectiva de que el gobierno establezca una política forestal que posibilite la planificación a largo plazo, asegure el respaldo financiero para que las plantaciones completen el ciclo productivo, y agilice los procedimientos para la distribución de incentivos, ya que muchas experiencias han demostrado que proyectos de desarrollo fundados y mantenidos por incentivos, no son sostenibles después que el soporte financiero termina (Roche 1997).

El sector forestal necesita dar mayor énfasis a los aspectos sociales, principalmente porque los incentivos tendieron a beneficiar a los propietarios de altos ingresos más que a los pequeños productores (Watson *et al.* 1998). Los programas de reforestación en pequeña escala aparentemente son más costosos pero se puede lograr una mayor y más equitativa distribución de beneficios. Sin el soporte financiero, el déficit entre la oferta y demanda de madera puede promover un continuo e insostenible manejo de los recursos forestales a nivel de finca.

Los productores están dispuestos a continuar reforestando sus fincas, la actividad forestal está bastante diseminada y los productores ya perciben muchos bienes y servicios proporcionados por los bosques. Sin embargo, en las fincas prevalecen una baja inversión de capital (Segura 2000), lo que limita el establecimiento de plantaciones forestales con recursos propios, por el largo tiempo de rotación y alto riesgo asociado al cultivo forestal. Debido a eso, el

fortalecimiento de los programas y proyectos de reforestación a nivel de pequeños y medianos productores es una necesidad para satisfacer objetivos sociales, económicos y ambientales.

7.4.2. *Qué tipo de árboles el productor tiene interés de plantar*

Cada vez más parece común decir que lo que recomendaba el experto no era todo lo que realmente necesitaba el productor y su familia. El síndrome de sembrar *Eucalyptus* en toda parte, refleja la estandarización de un modelo simple y estricto en la implementación de proyectos de reforestación en el pasado (Evans 1987).

La investigación en plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua siempre dio un gran énfasis a especies exóticas. La promoción de especies de uso múltiple por el proyecto MADELEÑA, impulsado por el CATIE, fue la puerta de entrada de las especies exóticas en las fincas de pequeños productores centroamericanos. Curiosamente dos décadas después de la introducción de estas especies, todavía el productor aparentemente no desea sembrar especies exóticas, aunque ya las conoce bastante.

En ambos países quedó clara la preferencia de los productores por especies nativas en la reforestación. Sin embargo, en las últimas décadas la inversión e investigación en mejoramiento genético de árboles en los países tropicales siempre estuvo confinada a pocas especies exóticas (Evans 1992). En Nicaragua la prioridad fueron los géneros *Eucalyptus* y *Pinus* (Ampié y Ravensbeck 1995) y en Costa Rica igualmente especies exóticas (DGF 1987). Para las nativas el plan siempre fue la conservación genética.

Igualmente en el Oeste de África, donde la introducción de especies exóticas fue la prioridad en reforestación, los productores han preferido utilizar más especies nativas de rápido o lento crecimiento que producen madera y frutos, que las especies exóticas (Evans 1987).

Los productores de Nicaragua y Costa Rica han calificado las especies exóticas con un buen crecimiento, y los resultados de los inventarios realizados muestran que realmente muchas de las especies introducidas están bien adaptadas a la zona. Por otra parte, la mayoría de los productores han plantado especies nativas, las plantaciones con especies exóticas son cada vez

menos comunes en las propiedades rurales, y la tendencia parece ser la misma, ya que los productores han manifestado su preferencia en seguir reforestando con especies nativas.

Realmente la percepción del productor para la especie a utilizar en la reforestación es completamente diferente de la percepción del experto. La falta de conocimiento de las condiciones de vida, de la situación socioeconómica y de la cultura de los productores ha promovido el fracaso de muchos proyectos de desarrollo forestal en los países centroamericanos (Nygren 1993).

La preferencia del productor por las especies no está definida solamente por aspectos silviculturales, sino también por un amplio contexto socioeconómico y cultural. Un ejemplo claro de la complejidad en entender la preferencia de los productores ocurrió en Nicaragua donde la mayoría quiere continuar plantando meliáceas como *Cedrela* y *Swietenia*, aún con los problemas de ataques frecuentes de *Hypsipyla grandella* y sabiendo que no son especies de crecimiento extremadamente rápido.

Se asume que los productores desean plantar árboles que suplan las necesidades domésticas de leña y madera, y que también brinden ingresos extras (Shepherd 1997). Sin embargo, la actividad forestal compite dentro de la finca con otros cultivos, y consecuentemente la decisión de cuál y cuántas especies plantar depende mucho de la situación particular de cada productor y parece difícil inferir en un patrón o "paquete de especies" que satisfaga todas las necesidades del productor.

7.4.3. Comportamiento de las plantaciones forestales establecidas por los pequeños productores

Aunque la utilización de especies exóticas predomina tanto en plantaciones industriales como en plantaciones para el desarrollo rural en el trópico a nivel mundial (Evans 1999), la mayoría de los productores estudiados utilizaron especies nativas en la reforestación, tanto en el trópico seco como en el trópico húmedo centroamericano.

Esa alta representatividad de especies nativas en la zona se debe a la preferencia de los productores en utilizar tales especies, por el alto valor de la madera, por incrementar el valor de

conservación de la plantación y por ser especies culturalmente más aceptables para la comunidad local (Keenan *et al.* 1999). Además con la creciente disminución de los recursos forestales ha incrementado el interés en plantaciones forestales con especies nativas.

En el trópico húmedo de Costa Rica, las plantaciones forestales establecidas por los productores del Cantón de Sarapiquí presentaron un alto crecimiento, buena forma, baja incidencia de plagas y alta productividad. Sin embargo, en el trópico seco de Nicaragua las plantaciones del Departamento de Carazo mostraron bajos incrementos, mala forma, alta incidencia de plagas y una baja productividad.

Los resultados del presente estudio corroboran con Centeno (1994) que reportó que solamente el 22% de las plantaciones establecidas en Nicaragua presentaban un buen estado silvicultural y la gran mayoría (75%) estaban en un estado regular. El mismo autor atribuyó la situación de las plantaciones a la falta de una estrategia de planificación técnica y de un manejo adecuado. La falta de planificación técnica es aparente cuando observamos que los productores utilizaran más de 20 espaciamientos distintos al establecer la reforestación. La mayoría de las plantaciones son mezclas de especies sin un arreglo específico, donde las plantas no están distribuidas sistemáticamente en el campo.

La composición de especies de una plantación es la clave principal de su éxito o fracaso, en términos de productividad, rendimiento y rentabilidad (Wadsworth 1997). En Carazo existe una gran variedad de plantaciones mixtas, esa situación tan heterogénea tornó bastante complicado operacionalmente el manejo de las plantaciones, y aparentemente esa es la causa fundamental que puede estar incidiendo en el actual estado de desarrollo de las plantaciones, lo que contrasta con el objetivo principal de las plantaciones, que fueron concebidas con fines maderables y que teóricamente necesitan aún más manejo y ordenamiento a largo plazo (Wadsworth 1997).

La selección de las especies también puede ser otra explicación del fracaso de muchas de las plantaciones forestales, pues en Nicaragua pocas especies han sido probadas y domesticadas para la reforestación y la selección de especies continua siendo arbitraria, probablemente debido a la experiencia y tradición de los productores. Por otra parte, en el trópico húmedo de Costa Rica el proceso reciente de reforestación es producto de investigaciones promovidas por la

Organización para Estudios Tropicales (OET), cuya área experimental se encuentra en Sarapiquí, y que había investigado muchas especies y podía recomendar las mejores para reforestar. De esta manera, se pasó de la fase de investigación a la fase productiva y los productores utilizaron las especies más promisorias, resultando en el actual buen estado de las plantaciones.

7.5. Conclusiones

Los resultados de la presente investigación muestran que los productores están dispuestos a continuar reforestando, pues tienen buenas expectativas económicas y ambientales de la plantación forestal. Sin embargo, la mayoría de los productores no pueden financiar el costo de la reforestación y la manutención del programa de incentivos es clave para garantizar la presencia de los pequeños productores en el sector forestal.

La presencia del extensionista en el campo ha sido importante en la difusión de la información acerca de prácticas silviculturales necesarias para mantener las plantaciones. Aunque todavía hay la necesidad de una asistencia oportuna al productor, para aumentar el rendimiento y la calidad de madera producida.

El caso de Sarapiquí, Costa Rica, donde las especies recomendadas a los productores ya habían sido estudiadas y se conocía el comportamiento en diferentes sistemas de producción es la manera más correcta de promover la reforestación pues reduce la posibilidad de que el productor tenga pérdidas económicas, aumenta la productividad neta de la reforestación y estimula la replicación de la actividad por otros finqueros.

Las frecuentes sequías en el trópico seco de Nicaragua han dificultado el pleno desarrollo de las plantaciones en la cuenca del Río Grande de Carazo. La mayoría de las especies nativas utilizadas en este sitio tuvieron bajos crecimientos cuando comparado con el trópico húmedo, pero no han sido muy diferentes cuando comparadas con plantaciones forestales comerciales de las mismas especies en el trópico seco de Costa Rica.

Con una mejor planificación en las etapas de establecimiento de la plantación, principalmente en la selección de las especies y espaciado inicial se puede lograr mayores rendimientos y productos de mejor calidad. Urgen investigaciones para expandir nuestro conocimiento sobre la ecología de las plantaciones forestales y sobre técnicas silviculturales

apropiadas para un gran rango de especies tropicales, minimizando así los riesgos de inversión de los pequeños productores que utilizan tales especies.

7.6. Literatura citada

- Ampié, E; Ravensbeck, L. 1995. Estrategia para la mejora de árboles y la conservación de recursos genéticos forestales en Nicaragua. FAO. Recursos Genéticos Forestales 22: 29-32.
- Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volume 2. Montreal, Canada. p 3-14.
- Centeno, M. 1994. Las plantaciones forestales en Nicaragua. Silvoenergía 58. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CCAD. 1998. Estado del Ambiente y los Recursos Naturales en Centroamérica. Consejo Centroamericano de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Guatemala, Guatemala.
- Chambers, R; Leach, M. 1990. Trees as savings and security for the rural poor. Unasylva 41: 39-52.
- Current, D. 1995. Economic and institutional analysis of projects promoting on-farm tree planting in Costa Rica. World Bank Environment Paper 14: 45-70.
- Current, D; Scherr, S. 1995. Farmer costs and benefits from agroforestry and farm forestry projects in Central America and Caribbean: implications for policy. Agroforestry systems 30: 87-103.
- Díaz, YV. 1995. Socioeconomía y silvicultura del establecimiento de plantaciones forestales en fincas pequeñas del Cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica, 94 p.
- Dirección General Forestal. 1987. Boletín estadístico n° 2. San José. Costa Rica. 5 p.
- Evans, J. 1987. Overview of tree planting on small farms in the tropics. *En*: Withington, D; MacDicken, KG; Sastry, CB; Adams, NR. 1987. Multipurpose tree species for small-farm use. Winrock International/IDCR, Canada. 282 p.
- Evans, J. 1992. Plantation forestry in the tropics. Clarendon Press, Oxford. Segunda edición. 403 p.

- Evans, J. 1999. Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance. *New Forests* 17, 25-36.
- FUNDECOR. 2001. Programas y su impacto: reforestación. Consultado 28 mayo 2001. Disponible en <http://www.fundecor.or.cr/logros/programas/reforestacion.shtml>
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.
- Herrera, Z; Lanuza, B. 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. Servicio Forestal Nacional, MARENA. Managua, Nicaragua. 185 p.
- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation. Central America in the 1980s ad 1990s: a policy perspective. CIFOR. Jakarta, Indonesia. 88 p.
- Keenan, RJ; Lamb, D; Parrotta, J; Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9 (1/2): 117-134.
- Korhonen, K. 2000. The silvicultural state of planted forests in Southern Costa Rica as affected by farmers' motivation for reforestation: evaluation of forest incentive programs. Tesis M. Sc., University of Helsinki, Finlandia. 71 p.
- Lamb, D. 1998. Large scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6(3): 271-279.
- MARENA/SFN/ASDI. 1994. Inventario nacional de plantaciones forestales en Nicaragua. Serie Silvicultura. Nota Técnica n° 43. Managua, Nicaragua.
- Martínez, HA; Sage, LF; Borge, C; Picado, W. 1994. Evaluación técnica externa del Programa de Desarrollo Forestal. DGF-DECAFOR. Secretaria Técnica de Apoyo. Fondo de Desarrollo Forestal. San José, Costa Rica. 120 p.
- MINAE-SINAC. 1996. Información estadística relevante sobre el sector forestal 1972-1995. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José, Costa Rica.

- Montagnini, F; Sancho, F; González, E; Porras, C; Moulaert, A; Monaco, A. 1997. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas para la reforestación de terrenos degradados en Costa Rica: estudio comparativo del crecimiento, daño por plagas, regeneración natural y costos de establecimiento. *Biocenosis*, 12(1): 25-34.
- Newbould, PJ. 1967. Methods for estimating the primary production of forest. IBP Handbook 2. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 62 p.
- Nygren, A. 1993. El bosque y la naturaleza en la percepción del campesino costarricense: un estudio de caso. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 103 p. (Serie Técnica. Informe técnico n. 203)
- Parrotta, JA. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 115-133.
- Roche, L. 1997. Official development aid policies and sustainable utilization of forest resources in developing countries. *Commonwealth Forestry Review* 76(2): 91-97.
- Schelhas, J; Jantzi, T; Kleppner, C; O'Connor, K; Thacher, T. 1997. Costa Rica: meeting farmers needs through forest stewardship. *Journal of Forestry* 95(2): 33-38.
- Segura, O; Miranda, M; Mejías, R. 1996. Planificación e inversión en el sector forestal en Costa Rica. Consejo Centroamericano de Bosques y Áreas Protegidas. Heredia, Costa Rica. 32 p.
- Segura, O. 2000. Sustainable systems of innovation: the forest sector in Central America. SUDESCA Research Papers n° 24. Department of Business Studies, Aalborg, Denmark.
- Shepherd, G. 1997. Trees on the farm and people in the forest: social science perspectives in tropical forestry. *Commonwealth Forestry Review* 76(1): 47-52.
- Thacher, T; Lee, DR; Schelhas, JW. 1997. Farmer participation in reforestation incentive programs in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 35: 269-289.
- Utting, P. 1993. Trees, people and power: social dimensions of deforestation and protection in Central America. Earthscan. Londres, Reino Unido. 206 p.

Wadsworth, FH. 1997. Forest Production for Tropical America. United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.

Watson, V; Cervantes, S; Castro, C; Mora, L; Solís, M; Porras, IT; Cornejo, B. 1998. Abriendo espacio para una mejor actividad forestal. Estudio de Costa Rica. Centro Científico Tropical e Institute for Environment and Development. San José, Costa Rica. 114 p.

8. Conclusiones y recomendaciones

1. Los estudios realizados en plantaciones comerciales en Costa Rica y Nicaragua sobre el comportamiento de las especies forestales permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1.1 Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica:

- Las especies forestales más utilizadas por los productores, en orden de importancia fueron *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis*, *Hieronyma alchorneoides*, *Dipteryx panamensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Tectona grandis*, *Virola koschnyi*, *Gmelina arborea* y *Cordia alliodora*.
- Las especies que tuvieron el mejor comportamiento de acuerdo al incremento medio anual ocurrido en diámetro y altura, en orden de importancia fueron *Gmelina arborea*, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia* y *Tectona grandis*.
- Las especies que presentaron la mejor forma en plantaciones fueron *Virola koschnyi*, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia* y *Calophyllum brasiliense*.

1.2. Cuenca del Río Grande de Carazo, Departamento de Carazo, Nicaragua:

- Las especies forestales más utilizadas por los productores, en orden de importancia fueron *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Cedrela odorata*, *Bombacopsis quinata* y *Cordia alliodora*.
- Las especies que tuvieron el mejor comportamiento de acuerdo al incremento medio anual ocurrido en diámetro y altura, en orden de importancia son *Pseudosamanea guachapele*, *Tectona grandis*, *Caesalpinia eriostachys*, *Samanea saman*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata*.
- Las especies que presentaron la mejor forma en plantaciones fueron *Tectona grandis*, *Tabebuia rosea*, *Swietenia macrophylla* y *Bombacopsis quinata*.

- Las frecuentes sequías han dificultado el pleno desarrollo de las plantaciones.

2. Los estudios realizados sobre el comportamiento de las especies forestales en plantaciones experimentales en Costa Rica permiten llegar a las siguientes conclusiones:

2.1. Estación Biológica La Selva, Puerto Viejo de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica:

- Las especies que presentaron los mejores crecimientos, en orden de importancia fueron *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *Vochysia ferruginea*, *Virola koschnyi* y *Jacaranda copaia*.

2.2. Precious Wood, Hacienda Garza y Ostional, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica:

- Las especies que presentaron los mejores crecimientos, en orden de importancia fueron *Tectona grandis*, *Schizolobium parahyba*, *Samanea saman*, *Pseudosamanea guachapele*, *Dalbergia retusa* y *Swietenia macrophylla*.

2.3. Precious Wood, Hacienda Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica:

- Las especies que presentaron los mejores crecimientos, en orden de importancia fueron *Cordia alliodora*, *Hieronyma alchorneoides*, *Swietenia macrophylla*, *Astronium graveolens*, *Vatairea hundelli*, *Dipteryx panamensis*, *Dalbergia retusa* y *Cedrela odorata*.

3. Los estudios realizados comparando el comportamiento de las especies en plantaciones experimentales puras y mixtas permiten llegar a las siguientes conclusiones:

3.1. Aunque algunas de las plantaciones son jóvenes y puede ser demasiado pronto para conocer el comportamiento de las especies, fue mejor el crecimiento de las especies en sistemas mixtos, con excepción de las plantaciones de Santa Cecilia, Guanacaste.

3.2. Las especies de rápido crecimiento, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, y *Jacaranda copaia*, han tenido mejor crecimiento en términos de diámetro y altura en plantaciones mixtas.

3.3. Las plantaciones mixtas con especies de rápido y lento crecimiento han incrementado el volumen total del rodal, con la ventaja adicional de incluir diferentes especies de alto valor comercial.

4. Los estudios realizados para identificar características y preferencias de los productores que promueven la reforestación en Costa Rica y Nicaragua permiten llegar a las siguientes conclusiones:

4.1. Los productores están dispuestos a continuar reforestando, pues tienen buenas expectativas económicas y ambientales de la plantación forestal. Sin embargo, la mayoría de los productores no pueden financiar el costo de la reforestación y la manutención del programa de incentivos es clave para garantizar la presencia de los pequeños productores en el sector forestal.

4.2. La presencia del extensionista en el campo ha sido importante en la difusión de la información acerca de prácticas silviculturales necesarias para mantener las plantaciones. Aunque todavía hay la necesidad de una asistencia oportuna al productor, para aumentar el rendimiento y la calidad de madera producida.

4.3. La mayoría de los productores han plantado especies nativas, las plantaciones con especies exóticas son cada vez menos comunes en las propiedades rurales, y la tendencia parece ser la misma, ya que los productores han manifestado su preferencia en seguir reforestando con especies nativas.

4.4. El caso de Sarapiquí, Costa Rica, donde las especies recomendadas a los productores ya habían sido estudiadas y se conocía el comportamiento inicial, fue la manera correcta de promover la reforestación pues reduce la posibilidad de que el productor tenga pérdidas económicas, aumenta la productividad neta de la reforestación y estimula la replicación de la actividad por otros finqueros.

5. Basado en los resultados de la presente investigación son propuestas las siguientes recomendaciones generales:

5.1. Existe la necesidad de una mejor capacitación de los técnicos involucrados en el establecimiento de plantaciones forestales para que la composición de especies y la composición de la plantación esté de acuerdo con los objetivos y las expectativas del productor.

5.2. Con una mejor planificación en las etapas de establecimiento de la plantación, principalmente en la selección de las especies y espaciamiento inicial se puede lograr mayores rendimientos y productos de mejor calidad.

5.3. Investigaciones en el trópico seco deben priorizar la selección de especies adecuadas para satisfacer los objetivos de los productores, ya que las experiencias con las especies más utilizadas no son completas. Los productores que están probando las especies y experiencias en el pasado han mostrado que el fracaso de algunas especies en plantación puede promover un desinterés del productor en plantar árboles.

5.4. Para aquellas especies utilizadas por los productores sobre las cuales no se conoce casi nada sobre su comportamiento en plantación es preciso establecer parcelas pequeñas acorde con el tamaño propuesto para la fase de eliminación de especies y procedencias.

5.5. Identificar la mezcla apropiada requiere un buen entendimiento de la ecología de las especies y del comportamiento en condiciones puras y mixtas en diferentes condiciones de sitio y en largos períodos, pues todavía hay relativamente pocos experimentos que pueden fundamentar la escogencia de un grupo de especies para un sitio específico.

5.6. Las organizaciones que están promocionando la reforestación deberían establecer parcelas permanentes de monitoreo en las plantaciones comerciales para generar información sobre el comportamiento de las especies en diferentes sitios.

5.7. En el trópico húmedo, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea* y *H. alchorneoides* presentaron un gran porcentaje de árboles bifurcados y problemas de forma. Estas especies necesitan un manejo

más intensivo en las fases iniciales del desarrollo de la plantación, con la aplicación de podas de formación, para garantizar fustes de mejor calidad para la cosecha final.

5.8. Programas de mejoramiento genético deben ser considerados en la búsqueda de materiales superiores que posibiliten una mayor productividad y menores ciclos de corta.

5.9. El raleo es recomendable cuando el objetivo es madera de aserrío, ya que puede ofrecer un adecuado espacio para el desarrollo del dosel y permitir una mayor distribución del crecimiento volumétrico en un número menor de árboles de mejor forma y calidad en menor tiempo.

5.10. La utilización de espaciamientos iniciales amplios y la aplicación de raleos con altas tasas de extracción del arbolado, pueden promover el aumento de las tasas de crecimiento y disminuir los costos del establecimiento y manejo de la plantación.

5.11. Prácticas de manejo como la poda y el raleo, pueden favorecer el desarrollo de las especies dentro de las plantaciones mixtas y ofrecer ingresos a edades más tempranas, cuando se utiliza un grupo de especies apropiado.

5.12. Para la mayoría de las especies utilizadas por los productores son necesarios estudios para determinar funciones de volumen para lograr una estimación más precisa de la productividad de las plantaciones.

5.13. Futuros estudios deben considerar aspectos de crecimiento y productividad de las especies asociados al valor comercial de la madera.

5.14. Trabajos de este tipo pueden ser utilizados en proyectos de reforestación para mostrar los rendimientos de las especies adoptadas y conocer las preferencias de los productores.

5.15. Son necesarias investigaciones adicionales para expandir el conocimiento sobre la ecología de las plantaciones forestales y sobre técnicas silviculturales apropiadas para un gran rango de especies tropicales.

9. Anexos

ENCUESTA No. _____

Fecha: _____

A. OBSERVACIONES

1. Nombre: _____
2. Género: Femenino _____ Masculino _____
3. Distancia de la finca al pueblo _____ Km. o _____ minutos. Nombre del pueblo _____

B. TOMA DE DECISION SOBRE ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

4. Información general sobre la plantación

	Área	Año de establ.	Especie/s	Uso anterior de la tierra
				Cultivo Pasto Bosque Charral Otro
a.	_____ ha	_____	_____	
b.	_____ ha	_____	_____	
c.	_____ ha	_____	_____	

5. Cuando Ud. estableció su plantación, que ventajas (beneficios) y desventajas (problemas) esperaba Ud. obtener. Dígalos en orden prioritaria.

1. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3
2. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3
3. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3
4. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3
5. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3
6. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3
7. _____ (V D)	Nada	0	1	2	3

Que tan probable pensaba Ud. que iba a ser esa ventaja o desventaja en su caso particular a través de plantación.

(Ventajas potenciales: Ingresos de venta - Leña, postes madera y forraje para el uso en la finca -Protección de suelo de erosión -Protección de naturaleza -Abastecimiento de agua -Protección de la finca contra invasión ilegal -Aumento del valor de la finca para herencia o venta -Protección del viento -Mejora de paisaje -Sombra y mejora el clima local - Mejora el clima mundial -Mejora para recreación y el turismo -Oportunidad para trabajar en la finca...)

(Desventajas potenciales: -Reducción de tierra agrícola -Reducción de tierra para pasto -Empeoramiento de paisaje - Demasiado trabajo -Sombra - Alto riesgo de inversión - Largo tiempo de espera de ingresos - Falta de información - Alta mortalidad de árboles)

6. Cómo puede Ud. describir su actitud hacia establecimiento de una plantación forestal?

Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Indiferente	Poco favorable	Favorable	Muy favorable
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

7. Puede Ud. mencionar algunos grupos o personas que tenían una opinión positiva (en favor) o negativa (en contra) de que Ud. planté árboles. Dígalos en orden de importancia.

		Qué importancia le dio Ud. a estas opiniones					
1.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante
2.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante
3.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante
4.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante
5.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante
6.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante
7.	_____ (+ -)	Nada	0	1	2	3	Muy importante

Ejemplos: Padre, Madre, Esposo/a, Hijos, Demás familia, Amigos, Vecinos, Técnicos o extensionistas, Compradores de productos, Ambientalistas, Opinión pública

8. Según su juicio las personas importantes para Ud. que opinión general tenían sobre el establecimiento de su plantación.

Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Indiferente	Poco favorable	Favorable	Muy favorable
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

9. Cómo puede Ud. caracterizar su toma de decisión sobre el establecimiento de plantación forestal en relación con la opinión de otras personas .

Muy dependiente	Dependiente	Poco dependiente	Indiferente	Poco independiente	Independiente	Muy independiente
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

10. Según su opinión cuales son las razones por las cuales la mayoría de sus vecinos no han reforestado?

C. INFORMACION DE LA PLANTACION

11. Que tipo de incentivos recibió (crédito, donación, plantas, alimentos, mano de obra, etc.) y cuanto? _____

12. Incentivo económico... no fue importante fue importante fue muy importante ...para el establecimiento de plantación.

13. Plantas y materiales... no fueron importantes fueron importantes fueron muy importantes ...para el establecimiento de plantación.

14. Apoyo de extensionista... no fue importante fue importante fue muy importante ...para el establecimiento de plantación.

15. Quiere Ud. plantar más árboles en los próximos 5 años? Muy probable que SI
 Probable que SI
 Algo probable que SI
 No sé
 Algo probable que NO
 Probable que NO
 Muy probable que NO
16. Si SI en que condiciones? _____
17. Si NO por qué? _____
18. Solicitaría (nuevamente) los incentivos para reforestar? SI _____ NO _____, Por qué? _____
19. Cuáles actividades de manejo forestal se ha aplicado en su finca?
 Replante _____, Limpia _____, Fertilización _____, Poda _____, Raleo _____, Ninguna (porque?) _____
20. Dónde aprendió manejo forestal de las plantaciones? _____
21. Qué tipo de asistencia técnica ha recibido para el establecimiento de su plantación (selección de sitio, especies de árboles, etc.)? _____
22. Que tipo de asistencia técnica ha recibido para el manejo de su plantación (replante, limpia, poda, raleo, etc.)? _____
23. Que piensa hacer Ud. con sus árboles en el futuro? Cortar y vender madera
 Cortar leña
 Otro (Cual?) _____
 Dejarlos como reserva
24. Su plantación abastece las necesidades leña/madera de la finca? NO _____, SI _____, Ahora NO pero en futuro SI _____
25. Tiene otros árboles en la finca para sacar leña? SI _____ NO _____
26. Tiene algunos problemas con el cultivo de árboles? _____
27. Cómo califica el crecimiento
 Especie _____ malo _____, regular _____, bueno _____, excelente _____
 Especie _____ malo _____, regular _____, bueno _____, excelente _____
 Especie _____ malo _____, regular _____, bueno _____, excelente _____
 Especie _____ malo _____, regular _____, bueno _____, excelente _____
28. Cuáles son sus preferencias? Especies nativas _____, especies exóticas _____
 Plantaciones puras _____, plantaciones mixtas _____
 Porque? _____
 Con que se asocia las plantaciones mixtas? Cultivos _____, pastura _____, nativas x nativas _____, nativas x exóticas _____

D. INFORMACIÓN DE LA FINCA

29. Área total de la finca _____ ha.
30. Desde hace cuantos años tiene Ud. o su familia la finca? _____
31. Cuantos años más piensa Ud. tener la finca en su posesión? _____
32. Que pasará a la finca después de su jubilación? herencia para uno de los hijos
 herencia para varios de los hijos
 herencia para otra persona
 venta de la finca
 otra (Cual?) _____
- 33.Cuál es el tipo de relieve predominante en la finca? Plano _____, ondulado _____, inclinado _____
34. Cuántas personas viven en la finca? _____
35. Situación del hogar en el año 2000? _____

	Nombre	Edad	Trabajaba en la finca	Que trabajos hizo	Trabajaba fuera	En que función trabajaba
Propietario	_____	_____ años	_____ meses	_____	_____ meses	_____
Esposo/a	_____	_____ años	_____ meses	_____	_____ meses	_____
Hijos	_____	_____ años	_____ meses	_____	_____ meses	_____
	_____	_____ años	_____ meses	_____	_____ meses	_____
	_____	_____ años	_____ meses	_____	_____ meses	_____

36. Cuántas personas contratadas trabajan en la finca? fijos temporales (meses/año)

37. Qué tipos de cultivos y/o ganadería tenía la finca en el año 2000?

Cultivos:	_____	_____	ha
	_____	_____	ha
	_____	_____	ha
	_____	_____	ha
Ganadería:	_____	_____	cabezas
Otro:	Bosque	_____	ha
	Charral	_____	ha
	_____	_____	ha

38. Que productos alimentarios produce su finca suficientemente para su uso domestico: _____

39. Vive Ud. en la finca: SI NO , SI pero solo meses al año.

40. Si no vive permanentemente en la finca, cuanta distancia tiene de su casa a la finca: _____ Km.

41. Posee Ud. otras fincas? SI NO , Área total de fincas _____ ha.

42. Tenencia de la tierra: propia con título , propia sin título , alquilada , otro (Cuál?) _____

E. INFORMACIÓN DEL PROPIETARIO

43. Educación formal _____

44. Origen étnico del propietario: _____

45. Cuántos hijos tiene Ud. _____

46. Organizaciones civiles (asociaciones, cooperativas, iglesia, etc) en que esta asociado:

a. Nombre de la organización: _____ Miembro Miembro activo Directivo

b. Nombre de la organización: _____ Miembro Miembro activo Directivo

c. Nombre de la organización: _____ Miembro Miembro activo Directivo

d. Nombre de la organización: _____ Miembro Miembro activo Directivo

47. Tiene Ud. un contacto personal con un técnico/extensionista? SI NO , Nombre _____

48. Que opina Ud. sobre la política forestal existente en el país? _____

49. Cómo se puede mejorar el sistema de reforestación? _____

50. Cómo ve Ud. su situación económica para los próximos diez años: va a mejorar sustancialmente
 va a mejorar algo
 va a seguir igual
 va a empeorar algo
 va a empeorar sustancialmente

51. Cómo ve Ud. la situación económica de su país para los próximos diez años: va a mejorar sustancialmente
 va a mejorar algo
 va a seguir igual
 va a empeorar algo
 va a empeorar sustancialmente