



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

**Evaluación de productividad en volumen y el potencial de fijación de
carbono en plantaciones mixtas en la zona Caribe de Costa Rica**

por

Pablo Rodrigo Cuenca Capa

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

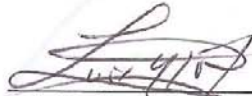
Magister Scientiae en Manejo y Conservación de
Bosques Tropicales y Biodiversidad

Turrialba, Costa Rica, 2009

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

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

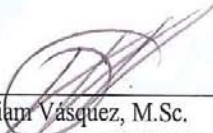
FIRMANTES:



Luis Ugalde, Ph.D.
Consejero Principal

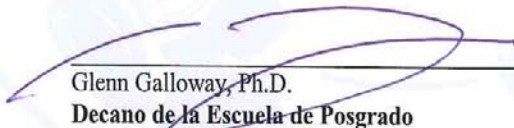


Fernando Casanoves, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

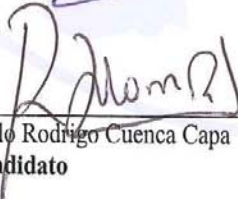


William Vásquez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Lucio Pedroni, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Pablo Rodríguez Cuenca
Candidato

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso y a la Virgen de El Cisne patrona de donde provengo.

A mi Madre quien confió en mí y nunca dejo de apoyarme para lograr mis metas.

*A mis hermanos y hermanas quienes supieron guiarme desde el inicio de mi vida por el
camino correcto.*

A mis sobrinos y sobrinas que sepan que los sueños y objetivos en la vida se pueden cumplir.

A Jin Kyoung Noh

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer de manera especial y sincera a las siguientes instituciones y personas:

A la Secretaria Nacional de la Ciencia y Tecnología SENACYT – Ecuador, por concederme la beca que permitió financiar mis dos años de estudio de maestría.

Al Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por darme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa institución.

Al Dr. Luis Ugalde Arias por su apoyo, guía y nuevos conocimientos brindados para la realización de esta investigación.

A los miembros de mi Comité Consejero M.Sc. Willan Vásquez, Dr. Fernando Casanoves, Dr. Lucio Pedroni por sus valiosos comentarios y sugerencias para la presentación del documento.

A *Reforest The Tropics Inc.* en las personas Dr. Hester Barres por los recursos aportados al presente estudio e información para la realización de la tesis. En especial al Ing. Rolando Camacho por su valiosa contribución a esta investigación, amistad y apoyo.

A Ing. Carlos Sandí y Dr. Ricardo Russo en nombre de la Universidad EARTH por todo el apoyo y amistad brindada. A su personal del vivero forestal por su colaboración en las mediciones forestales.

A Dra. Florencia Montagnini por facilitarme sus investigaciones en plantaciones mixtas y ayuda prestada a la presente investigación.

A todos los funcionarios, profesores y estudiantes del CATIE por la amistad y el apoyo brindados en estos dos años de estudio. En especial al Dr. Byran Finegan.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la provincia de Loja, al sur del Ecuador el 12 de julio de 1978. Se graduó en la Universidad Nacional de Loja en 2004 en la Escuela de Ingeniería Forestal. Sus inicios como profesional los realizó en la Fundación Ecológica Arcoíris, luego formó parte de la Fundación Charles Darwin y la Corporación de Manejo Forestal Sustentable.

A participado como conferencista en congresos nacionales e internacionales y cuenta con varias publicaciones científicas.

En el año 2007 ingresa al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para realizar sus estudios de postgrado en la maestría de Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	XIII
SUMARY	XIV
ÍNDICE DE CUADROS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	XXIV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	2
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.1.3 <i>Hipótesis de investigación</i>	2
2 MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1 Plantaciones forestales	3
2.2 Silvicultura de plantaciones.....	4
2.3 Plantaciones con mezclas de especies.....	4
2.4 Evaluación de plantaciones	5
2.4.1 <i>Número de árboles</i>	6
2.4.2 <i>Área basal</i>	6
2.4.3 <i>Competencia</i>	6
2.4.4 <i>Crecimiento</i>	7
2.4.5 <i>Rendimiento e incremento (IMA)</i>	7
2.5 Los bosques tropicales como fuente de gases de efecto invernadero	7
2.5.1 <i>Los bosques tropicales como sumideros de gases de efecto invernadero</i>	8
2.5.2 <i>Ciclo de carbono</i>	8
2.6 Métodos para la estimación de la biomasa y fijación de carbono	9

2.6.1	<i>Métodos para la estimación de biomasa</i>	9
2.6.2	<i>Concentraciones y estimación de carbono</i>	9
2.6.3	<i>Densidad de la madera</i>	10
2.6.4	<i>El mercado mundial de carbono</i>	10
3	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1	Descripción del área de estudio	11
3.1.1	<i>Sitio 1: Las Delicias, plantaciones mixtas y monocultivos</i>	12
3.1.2	<i>Sitio 2 y 3: El CATIE y Turrialba, plantaciones mixtas y monocultivos</i>	12
3.1.3	<i>Sitio 4: Pavones</i>	12
3.2	Fase de campo	13
3.2.1	<i>Sistematización de la información</i>	13
3.2.2	<i>Parcelas permanentes de monitoreo (PPM)</i>	13
3.2.3	<i>Variables medidas para cuantificar madera y carbono</i>	14
3.2.4	<i>Parámetros a estimar</i>	14
3.3	Raleos.....	16
3.4	Muestreo exploratorio de suelos.....	16
3.5	Análisis de la información forestal con MiraSil 3.1	17
3.6	Análisis estadístico.....	18
4	RESULTADOS	20
4.1	Documentación de los planes originales de manejo forestal de RTT	20
4.1.1	<i>Grupo A. Las Delicias y El CATIE en el lote ‘Mohegan’ con 4 especies</i>	21
4.1.2	<i>Grupo B. Las Delicias y El CATIE en los lotes ‘Mohegan’ y 26 donantes con 3 especies</i>	23
4.1.3	<i>Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’, ‘Cmeec’, Turrialba con el lote ‘TSF’ y Pavones con el lote km 42, con 2 especies</i>	24
4.2	Productividad y crecimiento en pie dentro de los sistemas mixtos	26
4.2.1	<i>Grupo A. Las Delicias y El CATIE con el lote Mohegan con 4 especies</i>	27
4.2.1.1	<i>Sistema N° 1 ‘Mohegan’ con V. guatemalensis en Las Delicias</i>	28
4.2.1.1.1	<i>Promedios de productividad y crecimiento total por sistema</i>	28
4.2.1.1.2	<i>Productividad y crecimiento por especie</i>	28
4.2.1.1.3	<i>Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies</i>	29

4.2.1.2	Sistema N° 2 ‘Mohegan’ con <i>H. alchorneoides</i> en Las Delicias	30
4.2.1.2.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	30
4.2.1.2.2	Productividad y crecimiento total por especie	31
4.2.1.2.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	32
4.2.1.3	Sistema N° 3 ‘Mohegan’ con <i>D. panamensis</i> en Las Delicias.....	33
4.2.1.3.1	Promedios de productividad y crecimiento promedio total por sistema	33
4.2.1.3.2	Productividad y crecimiento promedio por especie	34
4.2.1.3.3	Productividad y crecimiento en el tiempo	35
4.2.1.4	Sistema N° 4 ‘Mohegan’ con <i>V. guatemalensis</i> en El CATIE.....	36
4.2.1.4.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	36
4.2.1.4.2	Productividad y crecimiento por especie	37
4.2.1.4.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	37
4.2.1.5	Sistema N° 5 ‘Mohegan’ con <i>H. alchorneoides</i> en El CATIE	39
4.2.1.5.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	39
4.2.1.5.2	Productividad y crecimiento por especie	39
4.2.1.5.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	40
4.2.1.6	Sistema N° 6 ‘Mohegan’ con <i>D. panamensis</i> en El CATIE	41
4.2.1.6.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	41
4.2.1.6.2	Productividad y crecimiento por especie	42
4.2.1.6.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	43
4.2.1.7	Sistema N° 7 ‘Mohegan’ con <i>P. tecunumanii</i> en El CATIE.....	44
4.2.1.7.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	44
4.2.1.7.2	Productividad y crecimiento por especie	44
4.2.1.7.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	45
4.2.2	Grupo B. Las Delicias y el CATIE con los lotes Mohegan y ‘26 donantes’	46

4.2.2.1	Sistema 8 ‘Mohegan’ con <i>A. hunsteini</i> en las Delicias	46
4.2.2.1.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	46
4.2.2.1.2	Productividad y crecimiento por especie	47
4.2.2.1.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	48
4.2.2.2	Sistema N° 9 ‘Mohegan’ con <i>A. hunsteini</i> en El CATIE.....	49
4.2.2.2.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	49
4.2.2.2.2	Productividad y crecimiento por especie	50
4.2.2.2.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	50
4.2.2.3	Sistema N° 10 ‘26 donantes’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias ..	52
4.2.2.3.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	52
4.2.2.3.2	Productividad y crecimiento por especie	52
4.2.2.3.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	53
4.2.3 Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’, ‘Cmeec’, ‘TSF’ y Pavones, con 2 especies		54
4.2.3.1	Sistema N° 11 ‘Con Col’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias	54
4.2.3.1.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	54
4.2.3.1.2	Productividad y crecimiento por especie	55
4.2.3.1.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies	56
4.2.3.2	Sistema N° 12 ‘Con Col’ con <i>H. alchorneoides</i> en Las Delicias.....	56
4.2.3.2.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	56
4.2.3.2.2	Productividad y crecimiento por especie	56
4.2.3.3	Sistema N° 13 ‘Con Col’ con <i>D. panamensis</i> en Las Delicias	57
4.2.3.3.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	57
4.2.3.3.2	Productividad y crecimiento por especie	57
4.2.3.4	Sistema N° 14 ‘Cmeec’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias	58
4.2.3.4.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	58
4.2.3.4.2	Productividad y crecimiento por especie	59

4.2.3.4.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies ..	59
4.2.3.5	Sistema N° 15 ‘Cmeec’ con <i>H. alchorneoides</i> en Las Delicias	61
4.2.3.5.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	61
4.2.3.5.2	Productividad y crecimiento por especie	61
4.2.3.5.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies ..	62
4.2.3.6	Sistema N° 16 ‘Cmeec’ con <i>D. panamensis</i> en Las Delicias.....	63
4.2.3.6.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	63
4.2.3.6.2	Productividad y crecimiento por especie	64
4.2.3.6.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies ..	64
4.2.3.7	Sistema N° 17 ‘SFT’ con <i>A. hunsteini</i> en Turrialba.....	65
4.2.3.7.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	65
4.2.3.7.2	Productividad y crecimiento por especie	66
4.2.3.8	Sistema N° 18 ‘Km 42’ con <i>P. tecunumanii</i> en Pavones.....	67
4.2.3.8.1	Promedios de productividad y crecimiento total por sistema	67
4.2.3.8.2	Productividad y crecimiento por especie	67
4.2.3.8.3	Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies ..	68
4.3	Raleos.....	69
4.3.1	Grupo A. Las Delicias y El CATIE con el lote ‘Mohegan’ con 4 especies	69
4.3.1.1	Raleos del sistema N° 1 ‘Mohegan’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias	69
4.3.1.2	Raleos del sistema N° 2 ‘Mohegan’ con <i>H. alchorneoides</i> en Las Delicias	70
4.3.1.3	Raleos del sistema N° 3 ‘Mohegan’ con <i>D. panamensis</i> en Las Delicias .	71
4.3.2	Grupo B. Las Delicias y El CATIE con los lotes ‘Mohegan’ y ‘26 donantes’	72
4.3.2.1	Sistema N° 8 ‘Mohegan’ con <i>A. hunsteini</i> en Las Delicias	72
4.3.2.2	Sistema N° 10 ‘26 donantes’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias ..	72

4.3.3	<i>Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’ y ‘Cmeec’, con 2 especies</i>	73
4.3.3.1	Sistema N° 11 ‘Con Col’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias	73
4.3.3.2	Sistema N° 14 ‘Cmeec’ con <i>V. guatemalensis</i> en Las Delicias	73
4.4	Estimación de carbono en sistemas mixtos de plantaciones	74
4.4.1	<i>Grupo A. Las Delicias y El CATIE con el lote ‘Mohegan’, con 4 especies</i>	74
4.4.2	<i>Grupo B. Las Delicias y El CATIE con los lotes ‘Mohegan’ y ‘26 donantes’, con 3 especies</i>	75
4.4.3	<i>Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’ y ‘Cmeec’</i>	76
4.5	Muestreo exploratorio de suelos en las Delicias y El CATIE.....	77
4.5.1	<i>Sitio Las Delicias</i>	77
4.5.2	<i>Sitio El CATIE</i>	79
4.5.3	<i>Plantaciones puras</i>	80
5	DISCUSIÓN.....	82
5.1	Productividad y crecimiento dentro de los sistemas mixtos	82
5.1.1	<i>Grupo A. Las Delicias – El CATIE con el lote ‘Mohegan’, con 4 especies</i>	83
5.1.1.1	Lote “ <i>Mohegan</i> ” con <i>V. guatemalensis</i> (Cebo, Chanco), dos sistemas	84
5.1.1.2	Lote “ <i>Mohegan</i> ” con <i>H. alchorneoides</i> (Pilón), dos sistemas	86
5.1.1.3	Lote ‘ <i>Mohegan</i> ’ con <i>D. panamensis</i> (Almendro), dos sistemas	88
5.1.2	<i>Grupo B. Las Delicias y El CATIE con los lotes ‘Mohegan’ y ‘26 donantes’, con 3 especies</i>	90
5.1.2.1	Lote ‘ <i>Mohegan</i> ’ con <i>A. hunsteini</i> , dos sistemas	91
5.1.2.2	Lote ‘26 donantes’ con <i>V. guatemalensis</i> , un sistema.....	92
5.1.3	<i>Grupo C. Las Delicias con lotes ‘Cmeec’ ‘Con Col’, y ‘TSF’, con 2 especies</i>	94
5.1.3.1	Lote ‘ <i>Cmeec</i> ’ y ‘ <i>Con Col</i> ’ y con <i>V. guatemalensis</i> , dos sistemas	95
5.1.3.2	Lotes ‘ <i>Cmeec</i> ’ y ‘ <i>Con Col</i> ’ con <i>H. alchorneoides</i> , dos sistemas	97
5.1.3.3	Lote ‘ <i>Cmeec</i> ’ y ‘ <i>Con Col</i> ’ con <i>D. panamensis</i> , dos sistemas.....	99
5.1.3.4	Lotes Tournon-Sup, Nut-Folly de ‘TSP’ con <i>S. macrophylla</i> , un sistema	100
5.1.3.5	Lote ‘km 42’ con <i>P. tecunumanii</i> en Pavones, un sistema	101
5.2	Análisis de los raleos simulados en los sistemas mixtos.....	103

5.2.1	<i>Grupo A Las Delicias y El CATIE en el lote “Mohegan” con 4 especies.....</i>	103
5.2.2	<i>Grupo B Las Delicias y El CATIE en los lotes “Mohegan” y “26 donantes con 3 especies</i>	104
5.2.3	<i>Grupo C Las Delicias en los lotes “Cmeec”, “Con Col” con 2 especies.....</i>	104
5.3	Fijación de carbono en sistemas mixtos y monocultivos	105
5.3.1	<i>Grupo A Las Delicias - CATIE en el lote “Mohegan” con 4 especies</i>	105
5.3.2	<i>Grupo B Las Delicias y El CATIE en los lotes “Mohegan” y “26 donantes” con 3 especies</i>	106
5.3.3	<i>Grupo C Las Delicias en los lotes Con Col, Cmeec y Tournon con 2 especies</i>	107
5.4	Análisis de los suelos entre los sitios Las Delicias y El CATIE	108
6	CONCLUSIONES.....	110
6.1	Hipótesis de estudio	110
6.2	Productividad y crecimiento en pie por sistema y especies	110
6.3	Productividad en el tiempo por sistema y especies.....	112
6.4	Raleos.....	113
6.5	Carbono	114
6.6	Muestreo exploratorio de suelos.....	115
6.7	Lecciones finales.....	115
7	Recomendaciones	118
8	BIBLIOGRAFÍA.....	120
	ANEXOS	129

CUENCA, P. 2009. Evaluación de productividad en volumen y el potencial de fijación de carbono en plantaciones mixtas en la zona Caribe de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica 186 p.

Palabras claves: fijación de carbono, producción de madera, mezcla de especies, nativas y exóticas.

RESUMEN

Las experiencias de plantaciones compuestas por mezcla de especies en zonas tropicales son aún escasas, especialmente en lo referente a cuáles y cuántas especies combinar, el espaciamiento original, y el manejo forestal más apropiado que permita en forma equilibrada combinar objetivos de producir madera para aserrío y a la vez fijación de carbono. En el estudio se incluyeron un total de 18 sistemas de plantaciones en diferentes mezclas de especies establecidos por *Reforest The Tropics Inc.* (RTT). En total de probaron 8 especies, de las cuales 4 son nativas: Chanco o Cebo (*Vochysia guatemalensis*), Pilón (*Hyeronima alchorneoides*), Almendro (*Dipteryx panamensis*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*), entre las exóticas están: Klinkii (*Araucaria hunsteini*), Eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) y Pino (*Pinus tecunumanii*). Para su análisis los 18 sistemas se agruparon según el número de especies y edad, los cuales incluyen entre 2 y 4 especies de nativas y exóticas en edades entre los 2.5 a 9 años, en dos zonas: Las Delicias en Guápiles, y el CATIE en Turrialba, ubicadas en la zona Caribe de Costa Rica. Los mejores sistemas fueron con la mezcla de especies *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* y *A. hunsteini* (Vol. Total 213.9 m³/ha) a los 9 años de edad, seguido del sistema de cuatro especies con *V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini* (Vol. Total 164.8 m³/ha) a los 5.8 años de edad en Las Delicias. Los sistemas de dos especies obtuvieron una alta productividad (Vol. Total 287.6 m³/ha) a los 7.3 años de edad, no obstante, el aporte se debe únicamente a una sola especies *V. guatemalensis* (98%), mientras que, la otra especie *A. hunsteini* presentó un crecimiento suprimido. La mayoría de las plantaciones mixtas evaluadas no presentaron productividad por volumen comercial de raleo debido principalmente a la falta de aclareos oportunos. Se encontraron diferencias significativas en IMA-VOL por el número de especies, sistemas y sitios. Los monocultivos alcanzaron mayor productividad en volumen total en comparación con la especie principal del sistema mixto en estudio. Se reportaron diferencias significativas en fijación de carbono total entre sistemas de dos, tres y cuatro especies, por el aporte individual de cada especie dentro de la mezcla. La información generada por RTT y analizada a través del presente estudio puede considerarse como pionera en plantaciones mixtas para la producción de madera y la fijación de carbono en el trópico de América Latina y debería servir como base para hacer las modificaciones necesarias con el fin de comprobar el potencial de producción de estos sistemas en futuras plantaciones comerciales.

CUENCA, P. 2009. Evaluation of productivity in volume and carbon fixation potential in mixed plantations in the Caribbean zone of Costa Rica. Thesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 186 p.

Key words: carbon fixation, wood production, species mixture, native and exotic species.

SUMMARY

The existing experiences in plantations composed by a mixture of species in tropical zones are scarce, especially, with respect to which and how many species are combined, the original distance, and the most appropriate forest management allowing, in a balanced form, the combination of objectives to produce wood for mills and carbon fixation simultaneously. This study included a total of 18 systems of plantations in different mixtures from species established by Reforest The Tropics Inc. (RTT). Altogether, they 8 species were proved, of which 4 were native: Chanco or Cebo (*Vochysia guatemalensis*), Pilón (*Hyeronima alchorneoides*), Almond tree (*Dipteryx panamensis*) and Mahogany (*Swietenia macrophylla*), among the exotic ones were: Klinkii (*Araucaria hunsteini*), Eucalyptus (*Eucalyptus deglupta*) and Pine (*Pinus tecunumanii*). For their analysis the 18 systems were grouped according to the number of species and age, which included between 2 and 4 native and exotic species of ages between 2,5 9 years in two zones: La Delicias in Guápiles, and CATIE in Turrialba located in the Caribbean zone of Costa Rica. The best systems contained the mixture of *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* and *A. hunsteini* species (213.9 m³/ha total volume) at the age of 9 years, followed by the system of four species with *V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* and *A. hunsteini* (164.8 m³/ha total volume) to the 5,8 years of age in Las Delicias. The systems of two species obtained a high productivity (287,6 m³/ha total volume) at the age of 7,3 years. However, the contribution belonged solely to a single species *V. guatemalensis* (98%); whereas, the other species *A. hunsteini* had a suppressed growth. The majority of the mixed plantations evaluated had no productivity per commercial volume of thinning due to the lack of opportune singling. There were significant differences in MAI-VOL by the number of species, systems and sites. Monocultures reached major productivity in total volume in comparison to the main species of the mixed system in study. Significant differences in total carbon fixation were reported between systems of two, three and four species due to the individual contribution of each species within the mixture. The information generated by RTT and analyzed through the present study can be considered as pioneer in mixed plantations for the production of wood and carbon fixation in the Tropics of Latin America, and it would serve as the bases to make the necessary modifications with the purpose of verifying the potential of production of these systems in future commercial plantations.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Intensidad de raleos en N° árboles para los sistemas mixto en las Delicias y El CATIE	16
Cuadro 2. Agrupamiento de las plantaciones forestales mixtas de RTT.....	21
Cuadro 3. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 1).	22
Cuadro 4. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 2).	22
Cuadro 5. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 3).	22
Cuadro 6. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 4).....	23
Cuadro 7. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 5).....	23
Cuadro 8. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 6).....	23
Cuadro 9. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 7).....	23
Cuadro 10. Características y proyecciones de rendimiento de tres especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 8).	24
Cuadro 11. Características y proyecciones de rendimiento de tres especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 9).	24
Cuadro 12. Características y proyecciones de rendimiento de tres especies plantadas en el lote “26 donantes”, sitio Las Delicias, a los 9.0 años de edad (Sistema N° 10).	24
Cuadro 13. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Con Col”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 11).....	24
Cuadro 14. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Con Col”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 12).....	25
Cuadro 15. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Con Col”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 13).....	25

Cuadro 16. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Cmeec”, sitio Las Delicias , a los 7.3 años de edad (Sistema N° 14).	25
Cuadro 17. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Cmeec”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 15).	25
Cuadro 18. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Cmeec”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 16).	25
Cuadro 19. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Tournon”, “Sup Nut” y “Cactu”, sitio Turrialba, a los 2.5 años de edad (Sistema N° 17)...	25
Cuadro 20. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Km 42”, sitio Pavones, a los 6.4 años de edad (Sistema N° 18).	26
Cuadro 21 Características de los monocultivos en los sitios Las Delicias y El CATIE.	26
Cuadro 22. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 1 por especies, a los 5.8 años de edad, de 7 PPM, en las Delicias.	29
Cuadro 23. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 2 por especies, a los 5.8 años de edad, de 4 PPM en Las Delicias.	32
Cuadro 24. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 3 por especies, a los 5.8 años de edad, de 4 PPM, en Las Delicias.	34
Cuadro 25. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 4 por especies, a los 5.8 años de edad, de 4 PPM, en El CATIE.....	37
Cuadro 26. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 5 por especies, a los 5.8 años de edad, de 2 PPM, en El CATIE.....	40
Cuadro 27. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 6 por especies, a los 5.8 años de edad, de 3 PPM, en el sitio El CATIE.	42
Cuadro 28. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 7 por especies, a los 5.8 años de edad de 1 PPM, en El CATIE.	45
Cuadro 29. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 8 por especies, a los 5.8 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.	47
Cuadro 30. Promedio de productividad y crecimiento del sistema N° 9 por especies, a los 5.8 años de edad, de 1 PPM, en El CATIE.....	50
Cuadro 31. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 10 por especies, a los 9.0 años de edad, de 3 PPM, en Las Delicias.	53

Cuadro 32. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N°11 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en las Delicias.....	55
Cuadro 33. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 12 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.	57
Cuadro 34. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 13 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.	58
Cuadro 35. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 14 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.	59
Cuadro 36. Productividad y crecimiento del sistema N° 15 por especies, a los 7.3 años de edad, de 3 PPM, en Las Delicias.....	61
Cuadro 37. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 16 por especies, a los 7.3 años de edad, de 4 PPM, en Las Delicias.	64
Cuadro 38. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 17 por especies, a los 2.5 años de edad, de 3 PPM, en Turrialba.	66
Cuadro 39. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 18 por especies, a los 6.4 años de edad, de 3 PPM, en Pavones.....	68
Cuadro 40. Productividad por raleos del sistema N° 1, a los 5.8 años de edad en Las Delicias.	70
Cuadro 41. Productividad por raleos del sistema N° 2, a los 5.8 años de edad en Las Delicias.	71
Cuadro 42. Productividad por raleos del sistema N° 3 a los 5.8 años de edad en Las Delicias..	71
Cuadro 43. Productividad por raleos del sistema N° 8 a los 5.8 años de edad en Las Delicias..	72
Cuadro 44. Productividad por raleos del sistema N° 10 a los 5.8 años de edad en Las Delicias.	73
Cuadro 45. Productividad por raleos del sistema N° 11 a los 5.8 años de edad en Las Delicias.	73
Cuadro 46. Productividad por raleos del sistema N° 14a los 5.8 años de edad en Las Delicias.	74
Cuadro 47. Muestreo exploratorio de suelos en el sitio Las Delicias (a=alta; m= media; b= baja).	78

Cuadro 48. Muestreo exploratorio de suelos en el sitio El CATIE, (a=alta; m= media; b= baja).	79
Cuadro 49. Muestreo exploratorio de suelos en plantaciones forestales puras, en Las Delicias y El CATIE.	81
Cuadro 50. Grupo A. en Las Delicias y El CATIE, a los 5.8 años de edad	84
Cuadro51. Grupo B. en Las Delicias y El CATIE, a los 5.8 años de edad.	91
Cuadro52. Grupo A. en Las Delicias y El CATIE, a los 5.8 años de edad.	95
Cuadro53. Síntesis de raleos comerciales en los sistemas mixtos.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa base de las plantaciones forestales mixtas de RTT, Costa Rica.....	11
Figura 2. Verificación gráfica de las mediciones consecutivas de RTT a través del sistema MiraSil 3.1.	18
Figura 3. Análisis estadísticos para los sistemas mixtos a través del software InfoStat.	19
Figura 4. Rendimiento de los sistemas mixtos en volumen total en los cuatro sitios de estudio.	27
Figura 5. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 1 a los 5.8 años de edad, sitio Las Delicias.	28
Figura 6. Curvas de incremento medio anual para el sistema N°1 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.....	29
Figura 7. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 1, desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.	30
Figura 8. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 2 a los 5.8 años de edad, en el sitio Las Delicias.....	31
Figura 9. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 2 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.....	32
Figura 10. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 2 desde el año 0.8 al 5.8 en el sitio Las Delicias.....	33
Figura 11. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 3 a los 5.8 años de edad, en el sitio Las Delicias.....	34
Figura 12. Curvas de incremento medio anual para el sistema N°3 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.....	35
Figura 13. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 3 desde el año 0.8 al 5.8 en el sitio Las Delicias.....	36
Figura 14. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 4 a los 5.8 años de edad, en el sitio El CATIE.	36
Figura 15. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 4 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	38

Figura 16. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 4 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	38
Figura 17. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 5 a los 5.8 años de edad, sitio El CATIE.	39
Figura 18. Curvas de incremento medio anual para sistema N° 5 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.	40
Figura 19. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 5, desde el año 2.8 al 5.8 en El CATIE.z	41
Figura 20. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 6 a los 5.8 años de edad, en el sitio El CATIE.	42
Figura 21. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 6 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	43
Figura 22. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 6 desde el año 0.8 al 5.8 en el sitio El CATIE.	43
Figura 23. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 7 a los 5.8 años de edad, en el sitio El CATIE.	44
Figura 24. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 7 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	45
Figura 25. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 7 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	46
Figura 26. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 8 a los 5.8 años de edad, sitio Las Delicias.	47
Figura 27. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 8 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.....	48
Figura 28. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 8 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.	49
Figura 29. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 9 a los 5.8 años de edad, sitio El CATIE.	49
Figura 30. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 9 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	51
Figura 31. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 9, desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.....	51

Figura 32. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 10, a los 9.0 años de edad, sitio Las Delicias.	52
Figura 33. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 10 desde el año 5.0 al 9.0 en Las Delicias.	53
Figura 34. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 10, desde el año 5.0 al 9.0 en Las Delicias.	54
Figura 35. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 11, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.	55
Figura 36. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 12, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.	56
Figura 39. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 14 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.	60
Figura 40. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 14 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.	60
Figura 41. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 15, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.	61
Figura 42. Curvas de incremento medio anual el para sistema N° 15 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.	62
Figura 43. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 15 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.	63
Figura 44. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 16, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.	63
Figura 45. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 16 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.	64
Figura 46. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 16 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.	65
Figura 47. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 17, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.	66
Figura 48. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 18, a los 6.4 años de edad, sitio Pavones.	67
Figura 49. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 18 desde el año 1.1 al 6.4 en Las Delicias.	68

Figura 50. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 18 desde el año 1.1 al 6.4 en Las Delicias.....	69
Figura 51 Estimación de carbono por sistema del grupo A. a los 5.8 años de edad y por monocultivos.....	75
Figura 52. Estimación de carbono por sistema del grupo B. a los 5.8 y 7.3 años de edad y monocultivos.....	76
Figura 53 Estimación de carbono por sistema del grupo C, edades en años 7.3 (N°11-16), 2.5 (N°17) y 6.4 (N°18) y monocultivos.....	77
Figura 54. Ejemplo del nombre de un grupo (Grupo A Las Delicias y El CATIE en el lote “Mohegan” con 4 especies), en este caso, Las Delicias- CATIE corresponde al finquero o propietario, “Mohegan” al donante, y seguido está el número de especies.....	83
Figura 55. El sistema N°1 establecido en Las Delicias (izquierda), con una productividad mayor al mismo sistema N° 4 en El CATIE (derecha.). Las especies de mayor productividad son V. guatemalensis y E. deglupta, mientras que, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son A. hunsteini y S. macrophylla, 5.8 años de edad.	86
Figura 56. El sistema N° 2, Las Delicias (izquierda) tiene una productividad mayor, que el mismo sistema N° 5 establecido en El CATIE (derecha). Las especies de mayor productividad son H. alchorneoides y E. deglupta, en cambio, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son A. hunsteini y S. macrophylla, a los 5.8 años de edad.	88
Figura 57. El sistema N° 3 en Las Delicias (izquierda) tiene una productividad mayor que el mismo sistema N° 14, establecido en El CATIE (derecha). Las especies de mayor productividad son D. panamensis y E. deglupta, en cambio, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son A. hunsteini y S. macrophylla, a los 5.8 años de edad.	90
Figura 58. El sistema 8 en “Mohegan” Delicias (foto izquierda) tienen una productividad mayor, que el mismo sistema N° 9 establecido en CATIE (foto derecha). La especie de mayor productividad es E. deglupta, en cambio, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son A. hunsteini y S. macrophylla a los 5.8 años de edad.	92
Figura 59. En el sistema N° 10 a los 9.0 años de edad, lote “26 donantes” sitio Las Delicias, fue V. guatemalensis la especie de mayor productividad en volumen, seguida de H. alchorneoides, en cambio, A. hunsteini reportó la productividad más bajo en el sistema	94
Figura 60. En los sistemas N° 11 y N°14, lotes Con Col y Cmeec Las Delicias, a los 7.3 años de edad, fue V. guatemalensis la especie que proporciona el 98% de la productividad.	

Mientras que, la segunda especie <i>A. hunsteini</i> contribuyó mínimamente (2%) en ambos sistemas.....	97
Figura 61. En los sistemas N°15 y 12 la especie <i>H. alchorneoides</i> ocupa el dosel superior y un crecimiento suprimido de <i>A. hunsteini</i> , en ambos los lotes (Cmeec y Con Col) en las Delicias a los 7.3 años de edad.....	99
Figura 62. En los sistemas N° 15 y 13 establecido en los lotes Cmeec y Con Col, sitio Las Delicias fue <i>D. panamensis</i> la especie que ocupó el dosel superior, mientras que, <i>A. hunsteini</i> tiene un crecimiento suprimido en las mezclas de ambos lotes, a los 7.3 años de edad.	100
Figura 63. Sistema N° 17 establecido en los lotes de Tournon, Sup Nut-Folly, muestra una productividad homogénea entre <i>S. macrophylla</i> y <i>A. hunsteini</i> a los 2.5 años de edad.	101
Figura 64. En el sistema N° 18 establecido en el lote “km 42” en el sitio Pavones, la especie <i>P. tecunumanii</i> reportó más alta productividad que <i>A. hunsteini</i> a los 6.4 años de edad.....	102
Figura 65. Carbono de los plantaciones mixtas por grupo y sistema.....	105

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

RTT: *Reforest The Tropics Inc.*

DAP: diámetro a la altura del pecho

HT: altura total

HC: altura comercial

G: área basal

Vol. Total: volumen total

Vol Com: volumen comercial

IMA: incremento medio anual

ICA: incremento corriente anual

IMA-VOL: incremento medio anual en volumen total

IMA-DAP: incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho

IMA-HT: incremento medio anual en altura total

ICA-G: incremento corriente anual en área basal

DMS: diámetro mínimo superior

IPCC: panel intergubernamental de cambio climático (por sus siglas en inglés)

1 INTRODUCCIÓN

Es generalmente aceptado que las plantaciones forestales juegan un papel importante en la captura y el almacenaje de grandes cantidades de carbono atmosférico. Las plantaciones con especies tropicales de rápido crecimiento son un sumidero de carbono, es así que en años recientes se ha sugerido el establecimiento de grandes áreas de plantaciones forestales que tienen impacto sobre la mitigación de gases de efecto invernadero (Pérez et ál. 2005).

Por otro lado, las plantaciones forestales son también una fuente de producción de madera con sus rendimientos relativamente altos, tienen potencial para hacer contribuciones sustanciales a la demanda de esta materia prima (Evans 1987; Wadsworth 1997). Sin embargo, para muchas especies que se emplean en los trópicos todavía no se ha generado técnicas de manejo adecuadas para el productor con el propósito de aumentar el rendimiento y la calidad de la madera producida, especialmente en plantaciones con mezclas de especies.

Partiendo de un enfoque de investigación aplicada el presente estudio buscó la integración de dos componentes esenciales en la actualidad como la producción de madera para el finquero y la fijación de carbono.

En esta investigación se evaluó el crecimiento, producción de madera y potencial de fijación de carbono de plantaciones mixtas establecidas por el proyecto *Reforest The Tropics, Inc.* (RTT). Se espera que los resultados permitan generar y aportar un mejor conocimiento acerca del manejo silvicultural de plantaciones mixtas, a través, de la documentación de varios años del manejo silvicultural de RTT, una vez, analizados los planes originales y actuales, para la producción de madera de aserrío y de fijación de carbono en sistemas mixtos, y contrastándolos con plantaciones puras.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Contribuir a la generación de conocimiento sobre el manejo silvicultural de plantaciones mixtas como fuentes de sumidero de carbono y para la producción de madera comercial.

1.1.2 Objetivos específicos

- Documentar y comparar los planes originales de RTT en relación al crecimiento con el desarrollo real de las plantaciones y recomendar el manejo silvicultural más apropiado para las diferentes especies.
- Analizar la productividad en volumen total y comercial por especie y de cada mezcla de especies y los rangos de crecimiento, y el aporte de cada especie dentro de la mezcla.
- Analizar la productividad de carbono total entre diferentes sistemas de plantaciones mixtas y por especies en comparación con experiencias de monocultivos de las mismas especies en la zona de estudio.
- Efectuar un muestreo exploratorio de las propiedades físico – químicas de los suelos en las plantaciones mixtas para determinar si hay diferencias en los suelos donde se han establecido las plantaciones.

1.1.3 Hipótesis de investigación

- El desarrollo de las plantaciones mixtas permiten producir madera comercial para los productores a los 10 años de edad.
- Existen diferencias significativas en el incremento de volumen total entre los diferentes sistemas y entre las especies en los sistemas de plantaciones mixtas.
- Existen diferencias significativas en la fijación de carbono total entre los sistemas y entre especies en los sistemas de plantaciones mixtas.
- Los suelos donde se ubican las plantaciones mixtas no difieren en las propiedades físico – químicas.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Plantaciones forestales

El aumento de disponibilidad de suelos degradados por la agricultura y la ganadería ha sido una importante manifestación de respaldo al establecimiento de plantaciones forestales en los trópicos (Lowe 1984; Evans 1992). El empleo de especies exóticas han asumido un particular valor en el establecimiento de plantaciones en sitios bastantes degradados donde han sido difícil el establecimiento de especies nativas (Keenan et ál. 1999) y desde los últimos años las plantaciones forestales tropicales se han centrado en un pequeño número de especies exóticas de rápido crecimiento (Evans 1987a).

La escogencia de especies exóticas predomina tanto en plantaciones comerciales como en plantaciones de proyectos de desarrollo rural o en proyectos relacionados a fijación de carbono (Evan 1987b; Hughes 1994). La preferencia de estas especies está relacionada a un conjunto de facilidades, tales como, tolerancia a sequías, suelos con bajos 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 u objetivos (Keenan et ál. 1999).

El mayor potencial de las plantaciones sobre los bosques naturales se debe principalmente a su mayor productividad de madera comercial (Wadasworht 1997). Las plantaciones pueden crecer en forma más rápida que los bosques naturales y producir una mayor cantidad de madera. 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; Lauire 1962; Dawkins 1967).

Además de la elevada productividad, recientemente muchos autores han dado énfasis a los beneficios ambientales asociados al establecimiento de plantaciones forestales (Guariguata et ál. 1995; Montagnini et ál. 1995; Parrotta et ál. 1997; Lamb 1998). Para esos objetivos se ha fomentado la utilización de especies nativas que incrementen el valor de la conservación de plantaciones, ya que son más adecuadas para ser utilizadas como hábitat de vida silvestre, y también por tener un alto valor comercial y social para finqueros o comunidades. Ahora bien, la combinación de especies nativas y exóticas en plantaciones forestales, en teoría podría

combinar objetivos mutuos, como son, la producción de madera comercial y los beneficios ambientales, como la fijación de carbono.

2.2 Silvicultura de plantaciones

La silvicultura es la ciencia y el arte de cultivar el bosque y sus posibles productos, con base en el conocimiento y las características generales de los árboles, es decir, todas las medidas tendientes a incrementar los rendimientos económicos de los rodales, hasta alcanzar cuando menos un nivel que permita su manejo sostenible no deficitario tomando en cuenta las características del sitio (Ford y Robertson 1971).

La planificación en la silvicultura juega un papel importante a largo plazo con base a la información científica, se pretende llevar el bosque a un estado deseado por un grupo meta y para unos objetivos de plantación. Los objetivos de la silvicultura deben ser contribuir a aumentar los ingresos de la población local y de los propietarios de los bosques, mitigar el problema de la deforestación y reconocer los diferentes valores y las funciones ambientales que prestan una plantación forestal (Rojas 2003).

Los procesos dinámicos en plantaciones están representados por el crecimiento de un árbol en su aumento de tamaño en el tiempo. Se puede expresar en términos del diámetro, altura, área basal o volumen. Al crecimiento entre dos variables en el tiempo de cualquier variable del árbol se denomina incremento, por lo tanto el crecimiento es el proceso principal que pretende influir con la silvicultura para poder alcanzar los objetivos deseados en producción de madera de ciertas dimensiones y de calidad.

2.3 Plantaciones con mezclas de especies

Las plantaciones con mezclas de especies o también llamadas plantaciones mixtas, cuando se establecen para producción de madera con otros servicios ambientales, pudieran ser las más convenientes porque pueden producir más biomasa por unidad de área debido a la competencia reducida entre individuos (Montagnini et ál. 1995). También las plantaciones mixtas pudieran capturar más energía solar porque diferentes especies tienen diferentes requerimientos lumínicos y por tener copas ampliamente distribuidas en el plano vertical

(Guariguata et ál. 1995), las raíces en los sistemas mixtos pueden ocupar diferentes estratos del suelo por diferentes especies establecidas en la mezcla (Lam y Lawrence 1993).

Las especies nativas, parecen ser, que en sistemas mixtos pueden atender una mayor amplitud de opciones como producción de madera y biomasa, protección del sitio, conservación de la biodiversidad y restauración de áreas degradadas (Montagnini et ál. 1995; Keenan et ál. 1995; Guariguata et ál. 1995).

Sin embargo, las plantaciones mixtas también tienen inconvenientes como su difícil mantenimiento y/o manejo debido a diferencias en las tasas de crecimiento que resulta en que una especie se vuelva dominante mientras que, otras tengan un crecimiento suprimido (Wadsworth 1997). Otro aspecto a considerar es la variación de los precios de mercado y la falta de aceptación para maderas poco conocidas pudiera contribuir al desincentivo de las plantaciones mixtas (Ball et ál. 1995).

Por lo tanto, el éxito del establecimiento de las plantaciones mixtas dependerá del diseño de siembra y una apropiada definición de especies, tomando en cuenta, aspectos ecológicos y silviculturales (Wormald 1992), así como, también una definición clara de los objetivos del sistema mixto tales como producción de madera, servicios ambientales o ambos.

2.4 Evaluación de plantaciones

La evaluación de una plantación consiste en aplicar ciertas técnicas para recopilar información de una o algunas características particulares de la misma. Tal información es sometida a un análisis que posteriormente se usará para diseñar apropiadamente un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la plantación tanto en el manejo de la masa arbolada como en la administración de la misma (Torres y Magaña 2005).

Una evaluación de plantaciones podrá ser usada eficientemente en la toma de decisiones sí:

- La información recabada es verdaderamente la que se requiere para el proceso de toma de decisiones o la que se aproxima fidedignamente la información requerida.

- La información recabada tiene un nivel de precisión tal que sea posible interpretar los valores obtenidos como valores reales de la población.
- La información recabada está integrada dentro de una estrategia de toma de decisiones de largo plazo.

A continuación se describe las principales variables silviculturales para evaluar plantaciones forestales;

2.4.1 Número de árboles

Es el número en promedio de árboles por hectárea. La medida se obtiene con un promedio del número de árboles ubicados en los sitios de muestreo. Esta es una medida de densidad absoluta y es frecuentemente usada para desarrollar modelos de crecimiento en plantaciones asociada a variables como sitio, mezcla o edad (Torres y Magaña 2005).

2.4.2 Área basal

Se define como el área de la sección transversal de un árbol medida a 1.30 m de altura. El área basal es quizá la variable más utilizada para modelar el efecto de la densidad en el crecimiento del arbolado, tanto a nivel poblacional como a nivel individual. Cuando esta variable se asocia a edad, sitio y/o mezcla, proporciona una buena medida de densidad (Rojas 2003).

2.4.3 Competencia

Dentro de una comunidad, la planta tiene que relacionarse con otros individuos de la misma especie o de otras especies. Esta relación puede ser cooperativa donde diferentes individuos facilitan la existencia de cada uno usando recursos diferentes o transfiriendo recursos que les sobren. Las relaciones cooperativas, rara vez, se encuentran entre árboles aunque el hecho que algunas especies aprovechan la sombra de otros individuos en una fase temprana de desarrollo, también es una forma de cooperación. La competencia lleva a que algunos individuos no logren captar suficientes recursos para su crecimiento y supervivencia (Louman et ál. 2001).

Existen básicamente dos tipos de competencia; intraespecífica e interespecífica. La primera se da entre individuos de la misma especie. Es causada por la alta densidad de individuos de una población que regula su tamaño en fases iniciales del desarrollo y en bosques dominados por una o pocas especies. En cambio, la competencia interespecífica resulta principalmente cuando individuos de una determinada especie tienen que compartir los recursos con individuos de otras especies (Louman et ál. 2001).

2.4.4 Crecimiento

El crecimiento se define como el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo (Prodan et ál. 1997). El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento de esa edad, es decir, la tasa de aumento en volumen expresado en metros cúbicos (González y Fisher 1994).

Las variables a las que más interesa conocer su comportamiento en cuanto a crecimiento son; el volumen, la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y área basal, ya que en el campo son las más utilizadas en la medición del crecimiento (Scheaffer et ál. 1987).

2.4.5 Rendimiento e incremento (IMA)

Rendimiento es el crecimiento de un árbol o masa forestal por unidad de superficie en un período de tiempo determinado, mientras que el incremento de un árbol o masa forestal se da en un intervalo determinado. El incremento medio anual (IMA) es el promedio anual del incremento total y se obtiene dividiendo las dimensiones totales del árbol o masa forestal dentro de la edad total (Sheaffert et ál. 1987).

2.5 Los bosques tropicales como fuente de gases de efecto invernadero

Niles (2002) manifiesta que una vez que los bosques tropicales han sido degradados, rara vez, recobran la capacidad de almacenar el carbono original. Dos tipos primarios de carbono contribuyen al levantamiento de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera; el carbono fósil y la actividad biológica del carbono. El panel intergubernamental de cambio climático (IPCC) estima que alrededor de 6.30 ± 0.60 gigatonnes (Gt) de carbono fósil son liberados anualmente por la combustión de gasolina y durante la producción de

cemento. Mientras tanto aproximadamente 1.60 ± 0.80 Gt de carbono de bioenergía son emitidos desde los cambios del uso del suelo. Esto sugiere también que la deforestación en los trópicos año a año probablemente ocasiona alrededor del 20% de emisiones netas de gases de efecto invernadero (Niles 2002).

2.5.1 Los bosques tropicales como sumideros de gases de efecto invernadero

Las plantaciones como los bosques secundarios, también crecen en forma sigmoideal, aunque por ser especies cuidadosamente seleccionadas por el hombre, mejoradas genéticamente, plantadas y manejadas con esmero, tienden a desplegar tasas de crecimiento superiores de las encontradas en los procesos sucesionales naturales. No obstante, se presentan un considerable traslape como se detecta al confrontar las cifras de ambos tipos de bosques (Brown et ál. 1989; Brown y Lugo 1984). También, como en los bosques secundarios la absorción potencial de carbono disminuye a medida que el bosque se aproxima a la madurez. En un bosque maduro, las tasas de crecimiento tienden a balancearse con las tasas de descomposición. Por ello, la habilidad de los árboles para almacenar carbono atmosférico no depende solo del clima y de los factores edáficos si no de la edad (Dabas y Bhanja 1996; citado por Orrego et ál. 2003).

2.5.2 Ciclo de carbono

El ciclo del carbono es considerado como un conjunto de cuatro depósitos interconectados; la atmósfera, la biosfera terrestre, los océanos y los sedimentos (incluso los combustibles fósiles). Estos depósitos son fuentes que cumplen la opción de liberar el carbono, o sumideros que son los que absorben carbono de otra parte del ciclo. Los mecanismos principales de intercambio son la fotosíntesis, la respiración y la oxidación (Ciesla 1996).

En general, las plantas verdes absorben el CO_2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis. El carbono se deposita en follaje, tallos y sistemas radiculares y principalmente en el tejido leñoso de los troncos y ramas de los árboles. Por esta razón, los bosques y las plantaciones son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmosférico (Hipkins 1984).

2.6 Métodos para la estimación de la biomasa y fijación de carbono

2.6.1 Métodos para la estimación de biomasa

El primer método consiste en medir los diámetros básicos de un árbol cortado y determinar la biomasa a través de su peso directo de cada uno de sus componentes (raíces, ramas, fuste y follaje), a su vez, la biomasa de ramas y raíces se pueden subdividir en categorías diamétricas, extrapolarlo los resultados a grandes áreas.

El segundo método es a través de la cubicación y estimación de volumen de las trozas con la fórmula de Smallian y Huber, entre otros; al final se suman estos volúmenes para obtener el volumen total del fuste. Se toman muestras de maderas del componente del árbol y se pesan en el campo, luego se calculan en el laboratorio los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad específica verde y seca (Ortiz 1993).

Otra forma de estimar biomasa es a través de fórmulas y modelos matemáticos para realizar análisis de regresión entre las variables colectadas en el campo y las de inventarios forestales; DAP, altura, crecimiento dimétrico, etc. (Ortiz 1993).

2.6.2 Concentraciones y estimación de carbono

Las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales en su mayoría se asume que el valor de la fracción de carbono en materia seca es un 50% para todas las especies en general (Brown y Lugo 1984). Así mismo, las normas establecidas por el IPCC (1996) para realizar estimaciones de contenido de carbono en diferentes escenarios naturales, confirman utilizar de 0.50 a 0.45 como fracción de carbono en materia seca, es caso de no existir datos disponibles.

Segura (1999), reporta la fracción de carbono presente en la biomasa 0.46 en promedios incluyendo el fuste y las ramas para seis especies provenientes de un bosque natural en el trópico húmedo. EL mayor porcentaje de carbono se presentó en el fuste 46.4% en las ramas gruesas y delgadas encontró 45.5%. En el estudio de Segura (1999) se cumple la relación de que la biomasa seca total con el carbono es de aproximadamente 2:1 (50%).

Asimismo Ruiz (2002) y López 1998 reportan en sus investigaciones en promedio la fracción de carbono 0.43 en el fuste y ramas gruesas, y de 0.42 en hojas. Andrade (1999) en sistemas silvopastoriles en Guápiles, Costa Rica reporta un porcentaje de carbono en la biomasa del fuste y ramas para dos especies forestales de 46 a 47%.

2.6.3 Densidad de la madera

A la densidad de la madera también es conocida como gravedad específica y de acuerdo a Cornelissen et ál. (2003), es la relación del peso seco al horno de una sección del fuste principal de una planta con el volumen de esta misma sección aún fresca. La densidad de la madera es un importante factor para convertir el volumen de un bosque en datos de biomasa e influye directamente en la cantidad de carbono fijado (Fearnside 1997).

2.6.4 El mercado mundial de carbono

La venta internacional de carbono en realidad es la venta certificada de reducciones de emisiones de carbono. Esto consiste en que un emisor de gases que tiene compromisos de reducción, pero que le cuesta caro reducir, prefiere financiar en un país en desarrollo que no tienen proyectos de reducción de gases de efecto invernadero especialmente CO₂. El comercio de emisiones tiene sentido únicamente si los Estados parten de la Convención de Cambio Climático que los reconoce internacionalmente (Pérez et ál. 2005). Los sistemas de comercialización e intercambio de carbono iniciales establecieron créditos de las reducciones de las emisiones en un rango que oscila entre US\$ 1 y 38 dólares americanos por tonelada de carbono, aunque el rango más común anda entre US\$ 2.50 y 5.00 dólares americanos. Con el surgimiento del mercado en los años venideros, se considera razonable esperar que el costo del carbono se incremente al doble (Niles 2002).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en cuatro sitios; a) el primero ubicado en la Hacienda Las Delicias, que posteriormente se llamará solamente Las Delicias, b) el segundo sitio Turrialba llamado así, por agrupar varios sitios pequeños (CACTU¹, Bóveda), c) el tercer sitio la finca experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y d) el último sitio, en Pavones. Todos los sistemas mixtos de RTT tienen una superficie total aproximada de 70 ha (Figura 1).

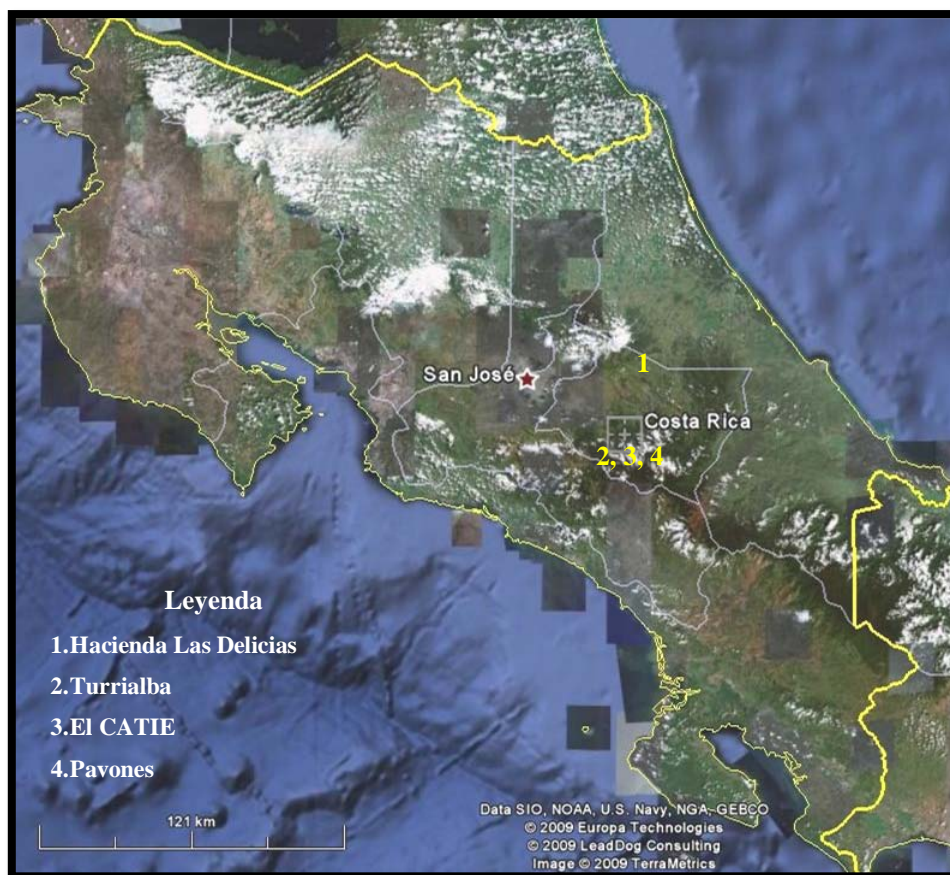


Figura 1. Mapa base de las plantaciones forestales mixtas de RTT, Costa Rica.

¹ Centro Agrícola Catonal de Turrialba

3.1.1 Sitio 1: Las Delicias, plantaciones mixtas y monocultivos

En el sitio 1, se encuentran los sistemas forestales mixtos (N° 1 al N° 3; N° 8; N°10 al N° 16) en los lotes *Mohegan*, *Cmeec*, *Con Col* y *26 donantes* y los monocultivos de *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* y *A. hunsteini*. Las Delicias está ubicada en el distrito de La Mercedes, el cantón de Guácimo, provincia de El Limón, Costa Rica. El área se localizó a 10° 12' N de latitud y 83° 37' W de longitud, a una altitud de 300 msnm, y tiene una temperatura y precipitación media anual de 21 °C y 3,414 mm respectivamente (Sancho y Mata 1987).

3.1.2 Sitio 2 y 3: El CATIE y Turrialba, plantaciones mixtas y monocultivos

En el sitio 2, El CATIE (finca experimental) se encuentran tres subsitios denominados, *Ángel*, *Mulas* y *San Juan Sur*, en donde se ubican los sistemas mixtos (N° 4 al N° 7 y N° 9) en el lote *Mohegan*. Los monocultivos de *D. panamensis* y *S. macrophylla* están ubicados en la finca experimental El CATIE.

Los suelos de *Ángel* y *Mulas*, durante la fase de campo (época lluviosa), se observaron altos niveles freáticos (Anexo 10) y su uso anterior corresponde a cultivo de caña (Hernández 2008 Com. Per), además que, los terrenos de los sistemas mixtos no se eliminó el pasto gramalote (*Gramma* sp.) para la siembra (Camacho 2008 Com. Per.)

En el sitio 3, Turrialba tiene el sistema forestal mixto N° 17, en el lote TSF (*Tournon*, *Superior Nut*, *Folley*) en el sector llamado Bóveda vía a Siquirres. Todos estos sistemas mixtos y monocultivos están localizados en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica, a 602 msnm, 9° 38' N de latitud y 83° 38' W de longitud. El clima del cantón de Turrialba en general es homogéneo, sin embargo, se distinguen dos estaciones marcadas; una cálida entre mayo a noviembre y otra fría entre diciembre a abril (Méndez 2001). Presenta una temperatura media diaria de 22.5 °C y una precipitación anual de 2,645 mm (Astorga 1999).

3.1.3 Sitio 4: Pavones

El sitio Pavones perteneciente al cantón de Turrialba, tiene una temperatura en promedio de 21.7°C, una precipitación media anual de 2,619 mm y una altura de 1,180 msnm aquí se encuentra el sistema N° 18 en el lote *km 42*.

3.2 Fase de campo

3.2.1 Sistematización de la información

La sistematización consistió en recopilar la mayor información posible acerca de las actividades silviculturales (preparación del terreno, fertilización, control de malezas y control sanitario), y de los sistemas mixtos en sí (especies, año de plantación, densidad y espaciamiento) a través de una entrevista semi-estructurada y matrices de trabajo (Anexo 20 al 23).

Esta información permitió conocer los sistemas mixtos a estudiar que fueron un total de 18 sistemas establecidos entre los años 1998, 1999, 2000 y 2002. Los sistemas estuvieron conformados por dos, tres y cuatro especies como son; klinkii (*A. hunsteini*), caoba (*S. macrophylla*), eucalipto (*E. deglupta*), pilón (*H. alchorneoides*), chanco (*V. guatemalensis*) y pino (*P. tecunumanii*). La combinación de estas especies por RTT estuvo en función del hábito de crecimiento, potencial de fijación de carbono y producción de madera.

3.2.2 Parcelas permanentes de monitoreo (PPM)

Las parcelas permanentes de monitoreo (PPM) se instalaron de acuerdo a la necesidad de los sistemas en estudio;

1. Sistemas mixtos

- En los sistemas que no tenían PPM, se instalaron un total de 6 parcelas de monitoreo de 960 m² en las plantaciones mixtas (Las Delicias).
- En los sistemas que no tenían suficientes PPM representativas, se ampliaron su muestreo con 5 parcelas (Las Delicias y El CATIE).

2. Monocultivos forestales

- En los monocultivos forestales, se instalaron 10 PPM de 1,000 m², dos parcelas por cada especie en estudio. Las plantaciones forestales estuvieron ubicadas en Las Delicias (*V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* y *A. hunsteinii*) y El CATIE (*D. panamensis* y *S. macrophylla*). Los requerimientos ecológicos se observan en el Anexo 19.

3. El proyecto RTT

- RTT tiene un total de 50 PPM de 1,000 m² en promedio instaladas en los diferentes sistemas mixtos, las que fueron evaluadas en el presente estudio, más todas las que se instalaron por primera vez dando un total de 71 parcelas permanente de monitoreo evaluadas en la presente investigación.

3.2.3 Variables medidas para cuantificar madera y carbono

En cada PPM, se tomaron variables silvícolas de manera directa, basado en la metodología de MiraSil 3.1 (Ugalde 2001), a partir de las cuales se obtuvieron otras variables silvícolas indirectas mediante el uso del software del sistema.

Las variables medidas directamente fueron;

- **Diámetro (cm):** diámetro a la altura del pecho (1.3 m) medido con cinta diamétrica.
- **Altura total (m):** altura hasta la cima del árbol, con barra telescópica o con hipsómetro Suunto.
- **Altura comercial (m):** altura del fuste hasta un diámetro mínimo superior de 22 cm ó hasta la primera ramificación fuerte.
- **Calidad del fuste:** apreciación visual. Se utilizó la clasificación del MiraSil 3.1 que califica como 2= poco sinuoso, 3= muy sinuoso, 5= bifurcado y G= a ralear.

Los árboles que no se plantaron, se cortaron o que fueron raleados, se consideraron como árboles muertos y la variable de medición fue el código -99. Los árboles que por alguna razón no se midieron, (árboles quebrados, muy delgados que no ameritan medir el diámetro, etc.), pero que estén vivos tuvieron el código -88. En una futura medición, cuando se considere apropiado, estos árboles podrán ser medidos (Ugalde 2001).

3.2.4 Parámetros a estimar

Con base a la información recogida en el anterior paso se estimaron los siguientes parámetros;

- **Parámetros de crecimiento:** número de árboles por ha, porcentaje de árboles remanentes (%), diámetro promedio (cm), altura total (m), altura comercial (m) e incrementos medios anuales para diámetro (IMADAP) y altura total (IMAALT).
- **Parámetros de productividad:** área basal por hectárea (m²/ha), volumen por hectárea (m³/ha), incremento medio anual para volumen (m³/ha/año), e incrementos corrientes anuales para área basal (m²/ha), y volumen (m³/ha). Las formulas fueron las siguientes:

$$G = \sum_i ab_i = 0.7854 \sum_i D_i^2$$

$$V = G \times H \times FF$$

G: área basal
H: altura total
FF: factor de forma

$$IMA = \frac{Vf - Vi}{E}$$

IMA: Incremento o crecimiento medio anual
Vf: volumen final
Vi: volumen inicial
E: edad

$$ICA = \frac{Vf - Vi}{P}$$

ICA: crecimiento periódico anual
Vf: volumen final
Vi: volumen inicial
P: años del periodo

- **Parámetros de carbono:** estimación del carbono del fuste en toneladas por hectárea (tn/ha), a través de la densidad de la madera para cada especie y por el factor de conversión (0.45) (IPCC 2006), predeterminado en el MiraSil 3.1. Las densidades para cada especie pueden observarse en el Anexo 18.

$$V = G \times H \times FF \times D \times 0.45$$

G: área basal
H: altura total
FF: factor de forma
D: densidad de la madera
0.45: factor de conversión a carbono

3.3 Raleos

Se efectuó un raleo selectivo y simulado para comprobar la productividad de los sistemas mixtos en volumen comercial en pie y en trozas a través del método de la caja (Galloway 2005), eliminando tres o dos de cada nueve árboles en cada caja, considerando una intensidad de raleo diferente de acuerdo al sistema (Cuadro 1). Los dos o tres árboles a eliminar, fueron, el individuo de mayor competencia y los dos árboles de más mala forma. En caso de hallar vacíos en las cajas, se consideró el árbol perdido como uno de los árboles a marcar.

Con la información obtenida en el campo, se realizó la simulación de los raleos en el MiraSil 3.1 y esto permitió conocer el volumen comercial por raleo por trozas de 1.30 m para tarima.

Cuadro 1. Intensidad de raleos en N° árboles para los sistemas mixto en las Delicias y El CATIE

<i>Grupo</i>	<i>Sistema</i>	<i>Intensidad de Raleo (%)</i>
A	1	20.1
	2	18.7
	3	23.9
	4	32.3
	5	25.4
	6	16.6
	7	13.7
B	10	21.3
C	11	24.3
	12	6.3
	13	22.5
	14	23.2
	15	11.5
	16	21.5

3.4 Muestreo exploratorio de suelos

Para la obtención de las variables de suelo, se elaboró una calicata en donde estaban asentadas las plantaciones mixtas en dos sitios; Las Delicias a tres pendientes de topografías (alta, media y baja) y El CATIE a tres sitios (Ángel, Mulas y San Juan Sur) en ambos sitios a

tres profundidades (0-20, 20-40, 40-60 cm). A cada una de las muestras se les efectuó un análisis completo de fertilidad (Anexo 6, 7, 8 y 9).

Las profundidades tomadas en cuenta se basan en estudios efectuados anteriormente y citados en la revisión bibliográfica donde se han encontrado resultados de la relación suelo – planta.

El análisis de laboratorio se proceso de la siguiente manera; a) para el pH se utilizó el método potenciométrico, relación agua: suelo=2.5:1, b) para las variables fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn) se utilizó la solución extractora de Carolina del Norte o Mehlich 1 o doble ácido; el P se determinó por colorimetría utilizando como reductor ácido ascórbico, el K se determinó por emisión y el resto de elementos por absorción atómica, c) materia orgánica se obtuvo por el método de digestión húmeda Walkley y Black modificado y d) la textura por medio de granulometría por el método de Bouyucos.

3.5 Análisis de la información forestal con MiraSil 3.1

Luego de efectuar las mediciones de las variables silvícolas, se procedió a exportar de Microsoft Excel todas las mediciones realizadas por RTT (aprox. 60,000 datos) a MiraSil 3.1 para correr el software y calcular promedios de variables silviculturales, raleos, gráficos de promedios y carbono entre los principales.

Después de tener todos los datos ingresados al software, se volvieron a exportar a una matriz de Excel para calcular solamente el volumen total por raleos con diámetro mínimo inferior a 22 cm de todos los sistemas y por especie.

Es importante mencionar un componente de este software llamado “verificación de mediciones consecutivas” que ayudó extraordinariamente a encontrar errores en mediciones pasadas gráficamente o con el reporte. Esta herramienta permitió depurar muchos errores de la base de datos original, básicamente por fallas al ingresar un dato (digitado) ya sea en HT ó DAP (Figura 2).

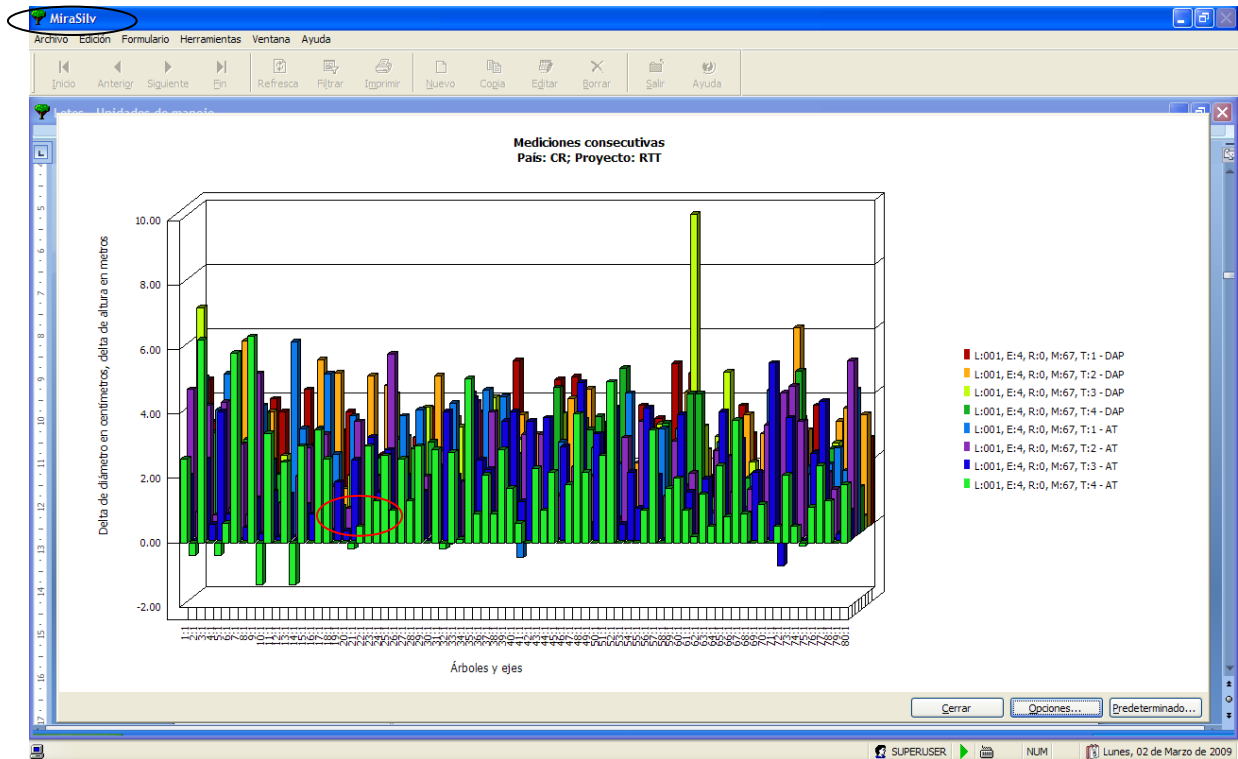


Figura 2. Verificación gráfica de las mediciones consecutivas de RTT a través del sistema MiraSil 3.1.

3.6 Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos, se utilizó el software InfoStat (2004) en donde se corrieron los datos, exportados desde MiraSil 3.1 a una matriz de Excel. Se realizaron los siguientes análisis con el incremento medio anual en volumen;

- varianza entre sistemas (prueba Fisher).
- varianza entre especies de cada sistema (prueba Fisher).
- varianza entre Las Delicias y El CATIE (prueba Fisher).

A continuación se muestra un ejemplo de los análisis estadísticos a través del software InfoStat (Figura 3).

Caso	Lote-Sitio	Cód. Lote	lugar	Edad en Años	sistema	Parcela-código	Parcelas	Especie	Árbol	DAP (cm)	Altura Total (m)	Vol. 2008 KLINKII (m)	Vol. CHANCHO (m3)	Vol. Eucalipto (m3)	Vol. Alh
1	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	1.00	8.90	11.10	0.00	0.00	0.00	
2	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	SWIEMA*	2.00	8.90	9.20	0.00	0.00	0.00	
3	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	3.00	11.10	12.80	0.00	0.00	0.00	
(4)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00		4.00			0.00	0.00	0.00	
5	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	5.00	12.00	11.00	0.00	0.00	0.00	
(6)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	SWIEMA*	6.00			0.00	0.00	0.00	
7	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	7.00	8.30	11.50	0.00	0.00	0.00	
(8)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00		8.00			0.00	0.00	0.00	
9	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	9.00	8.90	10.80	0.00	0.00	0.00	
10	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	SWIEMA*	10.00	8.90	7.80	0.00	0.00	0.00	
11	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	11.00	8.00	10.70	0.00	0.00	0.00	
(12)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00		12.00			0.00	0.00	0.00	
13	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	13.00	10.50	11.20	0.00	0.00	0.00	
14	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	SWIEMA*	14.00	6.40	5.60	0.00	0.00	0.00	
15	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	15.00	7.80	11.10	0.00	0.00	0.00	
(16)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00		16.00			0.00	0.00	0.00	
17	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	17.00	9.50	12.00	0.00	0.00	0.00	
18	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	SWIEMA*	18.00	7.70	7.80	0.00	0.00	0.00	
19	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	19.00	12.50	11.50	0.00	0.00	0.00	
(20)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00		20.00			0.00	0.00	0.00	
21	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	21.00	8.00	11.10	0.00	0.00	0.00	
(22)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	ARAUHU*	22.00			0.00	0.00	0.00	
23	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	23.00	8.50	11.50	0.00	0.00	0.00	
(24)	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	ARAUHU*	24.00			0.00	0.00	0.00	
25	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	DIPRPA*	25.00	9.50	12.20	0.00	0.00	0.00	
26	01/01/2008	ALMENDRO-MOHEGAN	1.00	5.80	1.00	MG-ALM1	1.00	ARAUHU*	26.00	8.80	6.20	0.02	0.00	0.00	

Fecha registros: 4064(1134)*32
Proyecto InfoStat

Figura 3. Análisis estadísticos para los sistemas mixtos a través del software InfoStat.

4 RESULTADOS

4.1 Documentación de los planes originales de manejo forestal de RTT

Reforest The Tropics Inc. (RTT) es una organización sin fines de lucro que trabaja con investigación aplicada para mitigar el calentamiento global con bosques sustentables y secuestro de carbono a largo plazo. RTT tiene una década de experiencia de trabajar en bosques tropicales y es socio de las Naciones Unidas a través del programa un billón de árboles.

El modelo de RTT tiene el objetivo de compensar emisiones de dióxido de carbono plantando nuevos bosques tropicales en Costa Rica, con donaciones de patrocinadores de los EE.UU. RTT, que trabaja con finqueros o instituciones para reforestar pastizales, secuestrar carbono y reducir los gases de efecto invernadero atmosférico.

La meta establecida por RTT es producir 40 m³/ha/año en 25 años repartidos 15 m³/ha/año para el finquero y 25 m³/ha/año para el donante del proyecto. El apoyo financiero consiste en aportes de US\$ 5,000 dólares americanos/ha, que se distribuyen de la siguiente forma; a) US\$ 1,500 dólares americanos para el finquero por la siembra de los árboles y disponibilidad de terreno, entregados en un lapso de dos a cuatro años, b) US\$ 2,000 ó 500 dólares americanos/año para asistencia técnica por cuatro años, y c) US\$ 1,500 dólares americanos para conformar un fideicomiso que permitirá dar seguimiento permanente a las plantaciones mixtas (Hester 2008 Com. Per).

RTT maneja como premisa de su trabajo la “investigación aplicada” que consiste en “aprender haciendo”, por ello, ejecuta diferentes sistemas de siembra de plantaciones mixtas con especies del trópico para lograr un modelo que satisfaga la producción de madera a corto plazo a través de raleos comerciales cada 5 años después de cumplir la plantación 10 años de edad y la fijación de carbono durante 25 años mínimo.

El contrato que firma el dueño de la tierra (finquero o institución), donante y RTT, establece en una de sus cláusulas que el manejo de la plantación es responsabilidad de RTT, apoyado por el dueño de la finca para organizar el trabajo de labores silviculturales. El contrato es para 25 años, durante todo éste transcurso de tiempo se espera fijar carbono para el

donante, y que el dueño del bosque (finquero) tenga una plantación con un modelo rentable que pudiera sustituir otras actividades, especialmente la ganadería extensiva, a través de lograr un modelo forestal atractivo económicamente para el finquero que permita la permanencia de los sistemas mixtos a largo plazo.

Los donantes principales de *RTT* para financiar las plantaciones mixtas son; *Superior Nut Company* (Sup Nut), *Connecticut College* (Con Col), *Connecticut Municipal Electric Cooperative* (Cmeec), *Mohegan Tribe of Uncasville Connecticut*, *The Home Depot Forest*, *The Foley Family*, *Marco y Dorla Barrres* y *26 donantes* (representa un listado de las personas que aportaron económicamente para financiar un proyecto de reforestación).

A continuación se describen las metas propuestas por *RTT* en cada uno de los sistemas mixtos. Para facilitar su entendimiento, se dividió a los sistemas por grupos con igual número de especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Agrupamiento de las plantaciones forestales mixtas de RTT.

<i>Grupos</i>	<i>Sitios</i>	<i>Lotes</i>	<i>Total de sistemas</i>	<i>Sistemas</i>	<i>Especies</i>
Cuatro especies	Las Delicias y El CATIE	<i>Mohegan</i>	7	1,2,3,4,5,6,7	<i>V. guatemalensis</i> <i>D. panamensis</i> <i>A. hunsteini</i> <i>E. deglupta</i> <i>H. alchorneoides</i> <i>P. tecunumanii</i> <i>S. macrophylla</i>
Tres especies		<i>Mohegan y 26 donantes</i>	3	8,9,10	<i>V. guatemalensis</i> <i>A. hunsteini</i> <i>E. deglupta</i> <i>H. alchorneoides</i>
Dos especies	Las Delicias, Turrialba y Pavones	<i>Con Col, Cmeec, TSF, km 42</i>	8	11,12,13,14,15 16,17,18	<i>V. guatemalensis</i> <i>A. hunsteini</i> <i>D. panamensis</i> <i>H. alchorneoides</i>
Monocultivos	Las Delicias y El CATIE	<i>Cmeec, Sup Nut</i>	5	--	<i>V. guatemalensis</i> <i>A. hunsteini</i> , <i>H. alchorneoides</i> <i>S. macrophylla</i> <i>D. panamensis</i>

4.1.1 Grupo A. Las Delicias y El CATIE en el lote ‘Mohegan’ con 4 especies

Este grupo cuenta con 7 sistemas establecidos en los sitios Las Delicias y EL CATIE, que están agrupados por tener 4 especies con 5.8 años de edad. Los raleos en este grupo están planificados a partir del decimo año de edad de la plantación con una frecuencia de cada cinco

años y se espera obtener una productividad de 30 a 50 m³/ha, mientras que la cosecha final dependerá del turno de cada especie, pero en promedio oscila de 15 a 40 años.

Los espacios en blancos son las actividades que no se pudieron establecer o sistematizar por procesos de pérdida de información, o porque los sistemas en algunos casos se volvieron indescritibles con el paso de tiempo al no contar con un manejo adecuado de información. Esta última consideración aplica en todos los demás grupos (B y C). El dato para la columna *CO2 por sistema (tn/ha)* en todos los cuadros, fue proporcionado por RRT.

Cuadro 3. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote "Mohegan", sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 1).

<i>Especie del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol-esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema² (tn/ha)</i>
<i>V. guatemalensis</i>	500	5x4	50	10	150	15	
<i>A. hunsteini</i>	250	8x5	-	-	600	40	1000
<i>E. deglupta</i>	62	10x16	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	62	10x16	-	-	50	25	

Cuadro 4. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote "Mohegan", sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 2).

<i>Especie del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol-esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema (tn/ha)</i>
<i>H. alchorneoides</i>	625	4x4	20	10	90	25	
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8	-	-	700	40	1000
<i>E. deglupta</i>	78	8x16	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	78	8x16	-	-	50	25	

Cuadro 5. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote "Mohegan", sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 3).

<i>Especie del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol-esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema (tn/ha)</i>
<i>D. panamensis</i>	625	4x4	-	10	50	25	
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8	-	-	700	40	1000
<i>E. deglupta</i>	78	8x16	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	78	8x16	-	-	50	25	

² Equivalente a 262.5 tn/ha de carbono (Camacho 2009 Com. Per).

Cuadro 6. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 4).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>V. guatemalensis</i>	400	5x5	50	10	150	15	
<i>A. hunsteini</i>	250	8 x5		-	600	40	1000
<i>E. deglupta</i>	50	10x20	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	50	10x20	-	-	50	25	

Cuadro 7. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 5).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>H. alchorneoides</i>	400	5x5	-	10	90	25	
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8		-	700	40	1000
<i>E. deglupta</i>	50	10x20	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	50	10x20	-	-	50	25	

Cuadro 8. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 6).

Especies del Sistema	árb/ha	Espaciamiento (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>D. panamensis</i>	400	5x5	-	-	-	-	
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8		-	700	40	1000
<i>E. deglupta</i>	50	10x20	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	50	10x20	-	-	50	25	

Cuadro 9. Características y proyecciones de rendimiento de cuatro especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 7).

Especies del Sistema	árb/ha	Espaciamiento (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>P. tecunumanii</i>	400	5x5	50	10	150	15	
<i>A. hunsteini</i>	250	8 x5		-	600	40	1000
<i>E. deglupta</i>	50	10x20	30	10	60	15	(<i>A. hunsteinii</i>)
<i>S. macrophylla</i>	50	10x20	50	-	50	25	

4.1.2 Grupo B. Las Delicias y El CATIE en los lotes ‘Mohegan’ y 26 donantes con 3 especies

El grupo B cuenta con 3 sistemas establecidos en lote *Mohegan* que se repiten en el sitio Las Delicias y El CATIE y el lote 26 *donantes* solamente en Las Delicias, los raleos se

establecieron cada 5 años después de cumplir la plantación mixta con los 10 años de edad. A continuación se detallan las metas esperadas de cada sistema.

Cuadro 10. Características y proyecciones de rendimiento de tres especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio Las Delicias, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 8).

<i>Especie del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol- esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema (tn/ha)</i>
<i>A. hunsteini</i>	625	4x8	40	10	960	40	1000 (<i>A. hunsteini</i>)
<i>E. deglupta</i>	78	8x16	30	10	60	15	
<i>S. macrophylla</i>	78	8x16	-	-	50	25	

Cuadro 11. Características y proyecciones de rendimiento de tres especies plantadas en el lote “Mohegan”, sitio El CATIE, a los 5.8 años de edad (Sistema N° 9).

<i>Especie del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento promedio (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol- esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema (tn/ha)</i>
<i>A. hunsteini</i>	400	5x5	40	15	960	40	1000 (<i>A. hunsteini</i>)
<i>E. deglupta</i>	50	10x20	30	10	60	15	
<i>S. macrophylla</i>	50	10x20	-	-	50	25	

Cuadro 12. Características y proyecciones de rendimiento de tres especies plantadas en el lote “26 donantes”, sitio Las Delicias, a los 9.0 años de edad (Sistema N° 10).

<i>Especie del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento promedio (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol- esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema (tn/ha)</i>
<i>V. guatemalensis</i>	165	4x4	50	--	150	15	1000 (<i>A. hunsteini</i>)
<i>A. hunsteini</i>	139	4x12	-	--	500	40	
<i>H. alchorneoides</i>	205	4x4	-	--	100	25	

4.1.3 Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’, ‘Cmeec’, Turrialba con el lote ‘TSF’ y Pavones con el lote km 42, con 2 especies

Los sistemas del grupo C están en Las Delicias (lotes *Con Col* y *Cmeec*), en Turrialba (lotes *Turnon*, *Sup Nut* y *Folley*) y en Pavones (lote *km42*). Cada sistema cuenta con dos especies. Seguidamente se detallan cada uno de ellos;

Cuadro 13. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Con Col”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 11).

<i>Especies del Sistema</i>	<i>árb/ha</i>	<i>Espaciamiento promedio (m)</i>	<i>Raleo planificado (m³/ha)</i>	<i>Edad Raleo (años)</i>	<i>Vol- esperado (m³/ha)</i>	<i>Cosecha final (años)</i>	<i>CO2 por sistema (tn/ha)</i>
<i>V. guatemalensis</i>	416	4x6	50	10	150	15	1000
<i>A. hunsteini</i>	208	12x4	-	--	500	40	(<i>A. hunsteini</i>)

Cuadro 14. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Con Col”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 12).

Especies del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>H. alchorneoides</i>	416	4x6	--	10	100	25	1000
<i>A. hunsteini</i>	208	12X4	-	--	500	40	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 15. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Con Col”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 13)

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>D. panamensis</i>	416	4x6	--	10	70	40	1000
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8	-	--	500	40	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 16. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Cmeec”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 14).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>V. guatemalensis</i>	625	4x4	50	10	150	15	1000
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8	-	--	600	40	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 17. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Cmeec”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 15).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>H. alchorneoides</i>	625	4x4	30	10	100	25	1000
<i>A. hunsteini</i>	312	4x8	-	--	600	40	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 18. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Cmeec”, sitio Las Delicias, a los 7.3 años de edad (Sistema N° 16).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>D. panamensis</i>	625	4x4	-	--	70	40	1000
<i>A. hunsteini</i>	625	4x4	-	--	500	40	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 19. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Tournon”, “Sup Nut” y “Cactu”, sitio Turrialba, a los 2.5 años de edad (Sistema N° 17).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>A. hunsteini</i>	833	4x3	40	10	70	40	1000
<i>S. macrophylla</i>	208	6x8	-	--	100	25	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 20. Características y proyecciones de rendimiento de dos especies plantadas en el lote “Km 42”, sitio Pavones, a los 6.4 años de edad (Sistema N° 18).

Especie del Sistema	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Raleo planificado (m ³ /ha)	Edad Raleo (años)	Vol- esperado (m ³ /ha)	Cosecha final (años)	CO2 por sistema (tn/ha)
<i>P. tecunumanii</i>	519	3.5X5.5	100	--	300	15	1000
<i>A. hunsteini</i>	408	3.5x7	-	--	500	40	(<i>A. hunsteinii</i>)

Cuadro 21 Características de los monocultivos en los sitios Las Delicias y El CATIE.

Plantaciones puras	árb/ha	Espaciamiento promedio (m)	Sitio	Edad
<i>V. guatemalensis</i>	625	4.0 x 4.0		7.3
<i>H. alchorneoides</i>	602	4.0 x 4.0	Las Delicias	7.3
<i>A. hunsteinii</i>	818	3.4 x 3.4		4.8
<i>D. panamensis</i>	521	4.0 x 4.0		6.9
<i>S. macrophylla</i>	458	4.5 x 4.5	El CATIE	4.7

4.2 Productividad y crecimiento en pie dentro de los sistemas mixtos

Los resultados están ordenados por grupos; cada uno de ellos tiene igual número de especies con diferentes sistemas ordenados por la especie principal o base en cuatro diferentes sitios Las Delicias, El CATIE, Turrialba y Pavones. En cada sistema del grupo, se describió la productividad y crecimiento dentro del sistema y por especies, luego la productividad entre sitios Las Delicias y El CATIE con sistemas que mantienen igual número de especies y edad. Al final de esta sección, se presenta la productividad por raleos solamente de los sistemas que reportaron volumen comercial por cosecha actual y volumen por raleos por trozas que son representativos comercialmente. A continuación se muestra en forma resumida la productividad de los 18 sistemas mixtos en cada grupo por número de especies que mantienen en la mezcla (Figura 4).

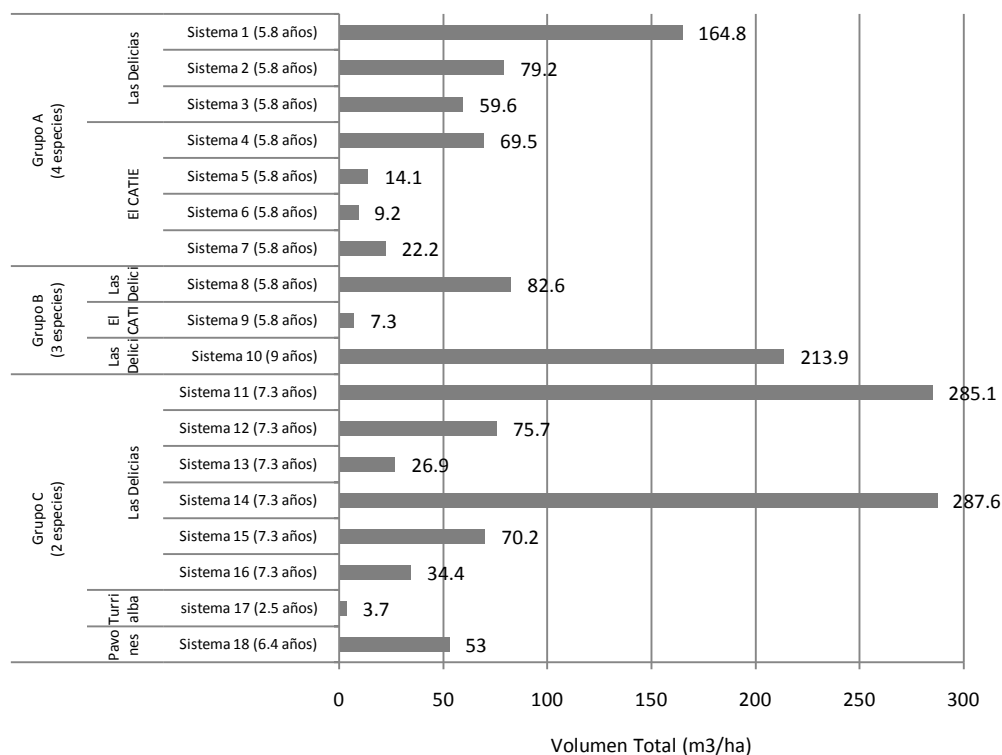


Figura 4. Rendimiento de los sistemas mixtos en volumen total en los cuatro sitios de estudio.

4.2.1 Grupo A. Las Delicias y El CATIE con el lote Mohegan con 4 especies

Este grupo contiene un total de 7 sistemas mixtos; 3 sistemas establecidos en Las Delicias y 4 sistemas en El CATIE, todos ellos a una edad de 5.8 años (Anexos 11 y 12). Para facilitar su comprensión se agruparon por el número de especies en común en cada sistema mixto. Estadísticamente se encontraron diferencias significativas en incremento medio anual en volumen total ($p < 0.05$) entre los sistemas de Las Delicias y El CATIE, y por especie (Anexo 1).

4.2.1.1 Sistema N° 1 ‘Mohegan’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

4.2.1.1.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 1, ubicado en el lote *Mohegan* del sitio Las Delicias, está conformado por cuatro especies; *V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*. La productividad en volumen total y área basal (G) dentro del sistema a través de las 7 PPM, fue la más alta en relación a los otros sistemas mixtos de este grupo (148.1 a 197.1 m³/ha y 22.0 a 26.4 m²/ha) a los 5.8 años de edad (Figura 5).

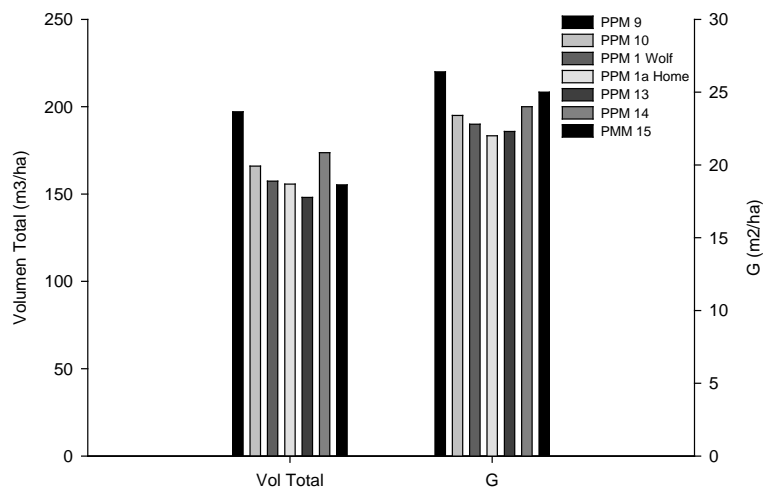


Figura 5. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 1 a los 5.8 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.1.1.2 Productividad y crecimiento por especie

V. guatemalensis (126.0 m³/ha) fue la especie que presentó la más alta productividad con 450 árb/ha, le siguió *E. deglupta* (36.6 m³/ha) con 63 árb/ha. Las especies *A. hunsteini* (1.4 m³/ha) y *S. macrophylla* (0.7 m³/ha) presentaron baja productividad con 216 árb/ha y 51 árb/ha respectivamente. El área basal (G) que ocupa *V. guatemalensis* fue la más alta (18.6 m²/ha), seguida de *E. deglupta* (3.8 m²/ha), mientras que *A. hunsteini* y *S. macrophylla* reportaron el G más baja dentro del sistema (0.5 y 0.2 m²/ha).

E. deglupta fue la especie que dominó el estrato superior (DAP 27.1 cm y HT 19.3 m) en un estrato intermedio *V. guatemalensis* (DAP 23.0 cm y HT 14.1 m), y en el estrato inferior *S. macrophylla* (DAP 6.4 cm y HT 6.7 m) con *A. hunsteini* (DAP 5.1 cm y HT 4.8 m) (Cuadro 22).

Cuadro 22. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 1 por especies, a los 5.8 años de edad, de 7 PPM, en las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	126.0	76.3	18.6	80.5	23.0	14.1	450	57.4
<i>E. deglupta</i>	36.6	22.8	3.8	16.4	27.1	19.3	63	8.0
<i>A. hunsteini</i>	1.4	0.9	0.5	2.1	5.1	4.8	216	27.5
<i>S. macrophylla</i>	0.7	0.4	0.2	0.9	6.4	6.7	54	6.9
TOTAL	164.8	100	23.1	100			783	100

4.2.1.1.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El IMA-VOL por sistema estuvo entre 2.6 a 28.7 m³/ha/año, el IMA-G osciló en 0.1 a 4.1 m²/ha/año. IMA-HT fue de 2.0 a 2.1 m y IMA-DAP fluctuó de 1.7 a 2.8 cm, en el período del 0.8 a los 5.8 años de edad. (Figura 6).

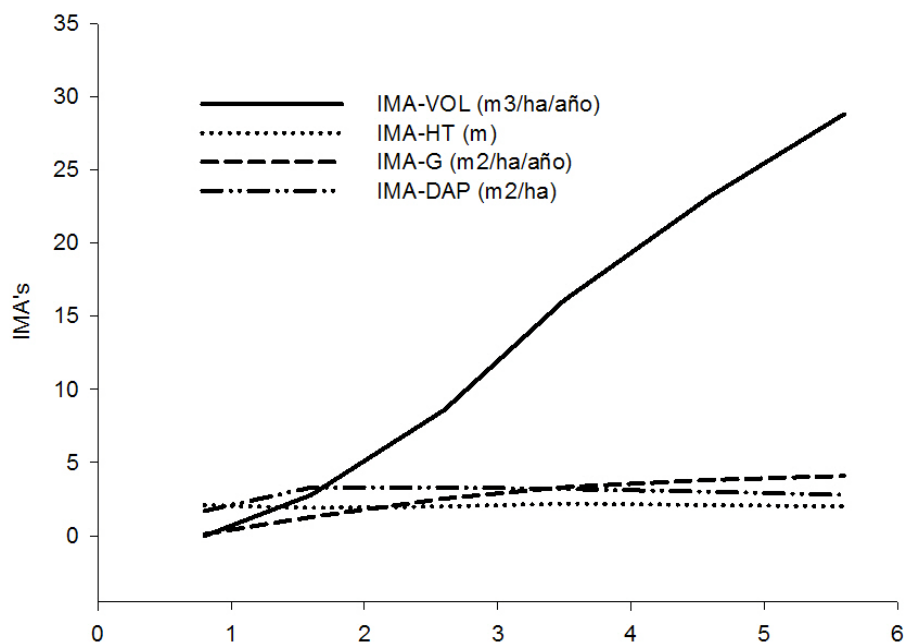


Figura 6. Curvas de incremento medio anual para el sistema N°1 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.

El IMA-VOL para *V. guatemalensis* fueron el más alto dentro del sistema (16.0 a 22.0 m³/ha/año), seguida de *E. deglupta* (1.2 a 6.4 m³/ha/año). En cambio, *A. hunsteini* (0.1 a 0.3 m³/ha/año) y *S. macrophylla* presentaron el IMA más bajos (0.1 m³/ha/año) en el período del 0.8 a los 5.8 años de edad (Figura 7).

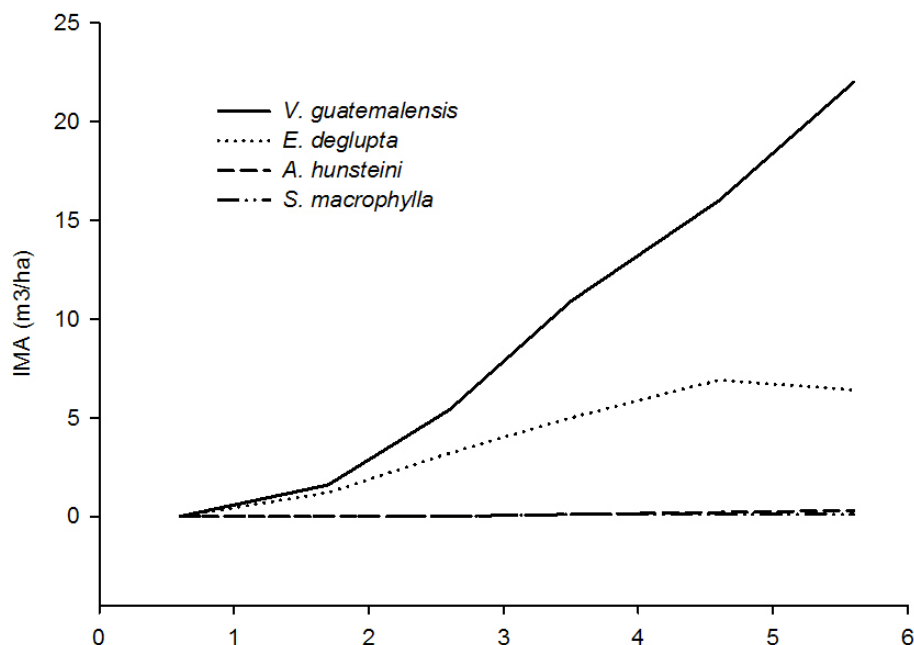


Figura 7. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 1, desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.

4.2.1.2 Sistema N° 2 ‘Mohegan’ con *H. alchorneoides* en Las Delicias

4.2.1.2.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema mixto cuenta con cuatro especies; *H. alchorneoides*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*, y tiene 4 PPM con volumen total de 62.8 a 98.3 m³/ha y el G de 11.3 a 14.4 m²/ha, con 906 árb/ha a los 5.8 años de edad (Figura 8).

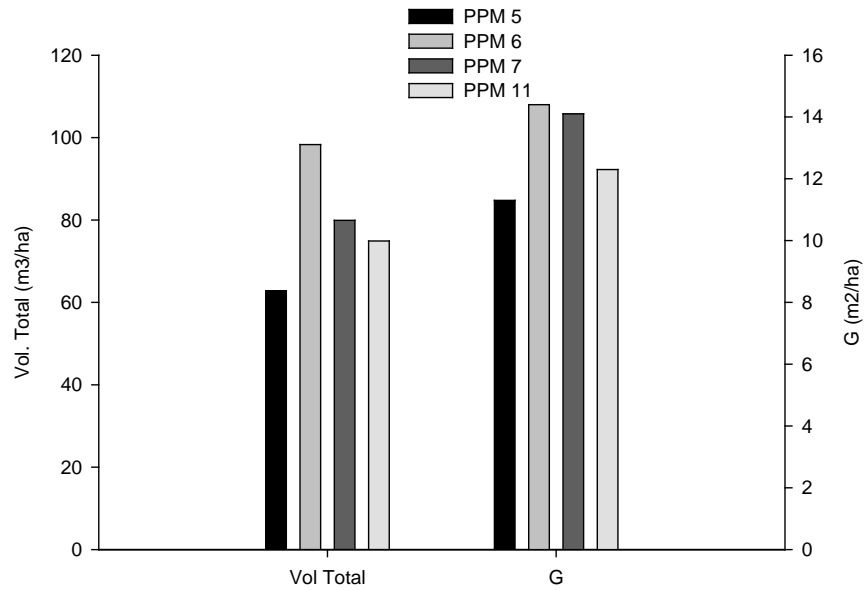


Figura 8. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 2 a los 5.8 años de edad, en el sitio Las Delicias.

4.2.1.2.2 Productividad y crecimiento total por especie

La especie que contribuyó con la más alta productividad en volumen total fue *H. alchorneoides* (52.5 m³/ha) con 520 árb/ha de edad y *E. deglupta* (20.4 m³/ha) le siguió con tan solo 55 árb/ha. *A. hunsteini* (5.6 m³/ha) y *S. macrophylla* (0.8 m³/ha) fueron las especies de menor volumen total con 270 árb/ha y 63 árb/ha respectivamente.

H. alchorneoides mantuvo la más alta productividad dentro del sistema en área basal (9.1 m²/ha), seguida de *E. deglupta* (2.3 m²/ha). Las especies *A. hunsteini* (1.5 m²/ha) y *S. macrophylla* (0.2 m²/ha) reportaron el área basal más baja.

En cambio, el mayor crecimiento fue *E. deglupta* (DAP 22.2 cm y HT 18.3 m), mientras que, *H. alchorneoides* (DAP 14.9 cm y 11.8 m HT) ocupó un dosel medio y *A. hunsteini* (DAP 8.2 cm y HT 7.0 m) con *S. macrophylla* (DAP 6.9 cm y HT 6.5 m) fueron las especies que estuvieron en el estrato inferior (Cuadro 23).

Cuadro 23. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 2 por especies, a los 5.8 años de edad, de 4 PPM en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	Cm	m	ha	%
<i>H. alchorneoides</i>	52.5	66.2	9.1	69.4	14.9	11.8	520	57.3
<i>E. deglupta</i>	20.4	25.6	2.3	17.5	22.2	18.3	55	6.0
<i>A. hunsteini</i>	5.6	7.1	1.5	11.4	8.2	7.0	270	29.8
<i>S. macrophylla</i>	0.8	1.1	0.2	1.52	6.9	6.5	63	6.9
TOTAL	79.2	100	13.1	100			906	100

4.2.1.2.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El IMA-VOL de este sistema estuvo en un rango de 1.1 a 13.6 m³/ha/año, en cambio, el IMA-G para área basal osciló de 0.7 a 2.2 m²/ha/año en un período de los 0.8 a los 5.8 años de edad. El IMA-HT estuvo entre 1.2 a 1.9 m y el IMA-DAP 2.2 cm (Figura 9).

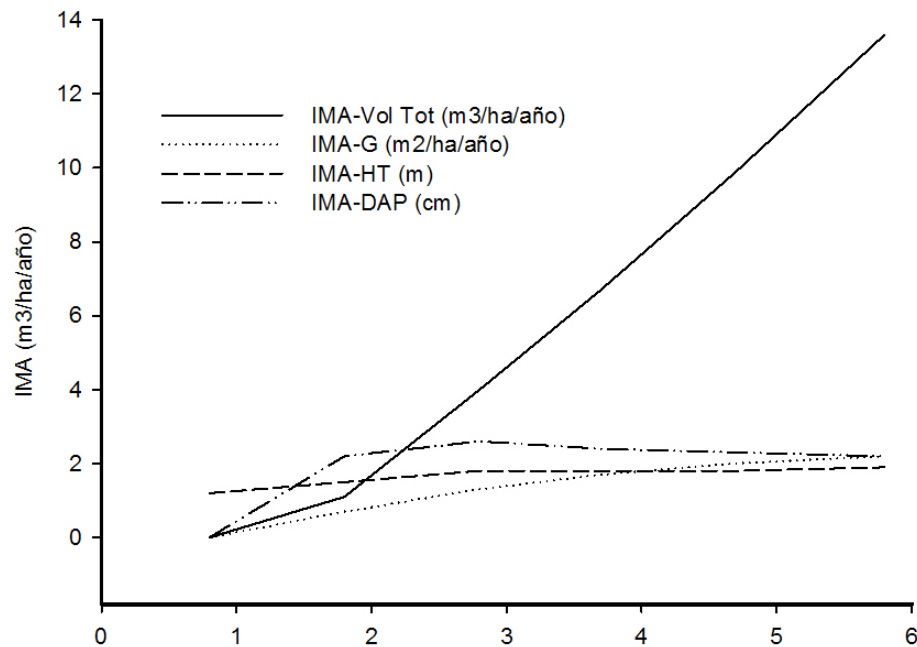


Figura 9. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 2 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.

El IMA-VOL para *H. alchorneoides* osciló entre 0.7 a 9.2 m³/ha/año y para *E. deglupta* entre 0.4 a 3.5 m³/ha/año. El más bajo IMA-VOL fue para *A. Hunsteini* (0.1 a 0.9 m³/ha/año), seguida de *S. macrophylla* (0.1 m³/ha/año) desde el 0.8 a los 5.8 años de edad (Figura 10).

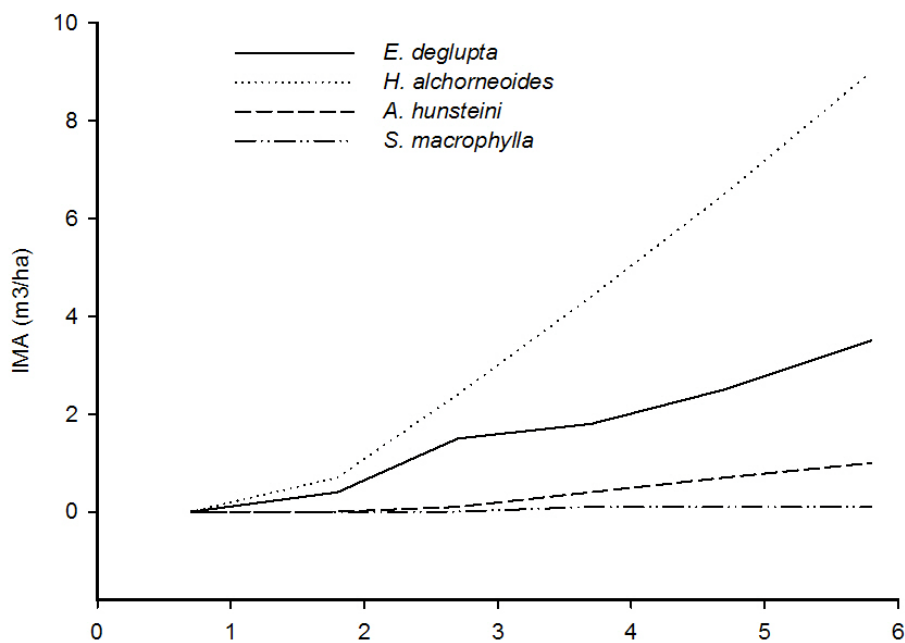


Figura 10. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 2 desde el año 0.8 al 5.8 en el sitio Las Delicias.

4.2.1.3 Sistema N° 3 ‘Mohegan’ con *D. panamensis* en Las Delicias

4.2.1.3.1 Promedios de productividad y crecimiento promedio total por sistema

El sistema N° 3 cuenta con cuatro especies; *D. panamensis*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*, posee 4 PPM que reportaron un volumen total bajo entre los sistemas del sitio Las Delicias (52.8 a 64.5 m³/ha) con 977 árb/ha a los 5.8 años de edad y el G de 8.3 a 11.1 m²/ha (Figura 11).

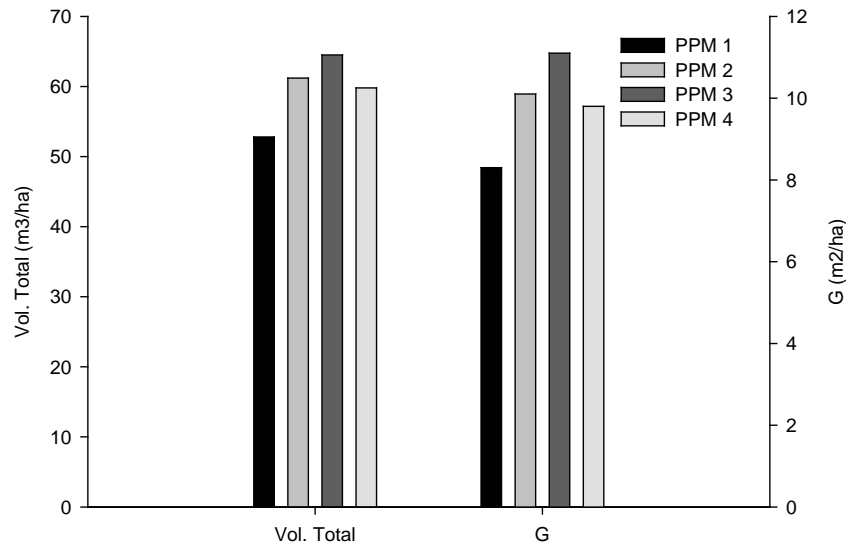


Figura 11. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 3 a los 5.8 años de edad, en el sitio Las Delicias.

4.2.1.3.2 Productividad y crecimiento promedio por especie

Dentro del sistema la especie mayor productividad fue *E. deglupta* (25.6 m³/ha) con 63.0 árb/ha y le siguió *D. panamensis* (24.4 m³/ha) con 594 árb/ha. *A. hunsteini* (8.6 m³/ha) y *S. macrophylla* (1.0 m³/ha) fueron las especies que presentaron la más baja productividad.

Asimismo el mayor crecimiento fue para *E. deglupta* (DAP 24.3 cm y HT 19.2 m) seguida de *D. panamensis* (DAP 9.9 cm y HT 11.1 m), mientras que *A. hunsteini* (DAP 10.0 cm y HT 7.6 m) y *S. macrophylla* (DAP 6.9 cm y HT 6.7 m) ocuparon el dosel inferior. (Cuadro 24).

Cuadro 24. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 3 por especies, a los 5.8 años de edad, de 4 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m³/ha	%	m²/ha	%			ha	%
<i>E. deglupta</i>	25.6	42.6	2.9	29.5	24.3	19.2	63	6.4
<i>D. panamensis</i>	24.4	40.9	4.6	46.9	9.9	11.1	594	60.7
<i>A. hunsteini</i>	8.6	8.6	2.1	21.4	10.0	7.6	250	25.6
<i>S. macrophylla</i>	1.0	1.6	0.3	3.0	6.9	6.7	70	7.1
TOTAL	59.6	100	9.8	100			977	100

4.2.1.3.3 Productividad y crecimiento en el tiempo

El IMA-VOL por este sistema estuvo en 1.1 a 10.4 m³/ha/año y el IMA-G fue de 0.6 a 1.7 m²/ha/año en el período de los 0.8 a los 5.8 años de edad. El IMA-HT osciló de 1.0 a 1.9 m y el IMA-DAP fue de 2.1 a 2.2 cm (Figura 12).

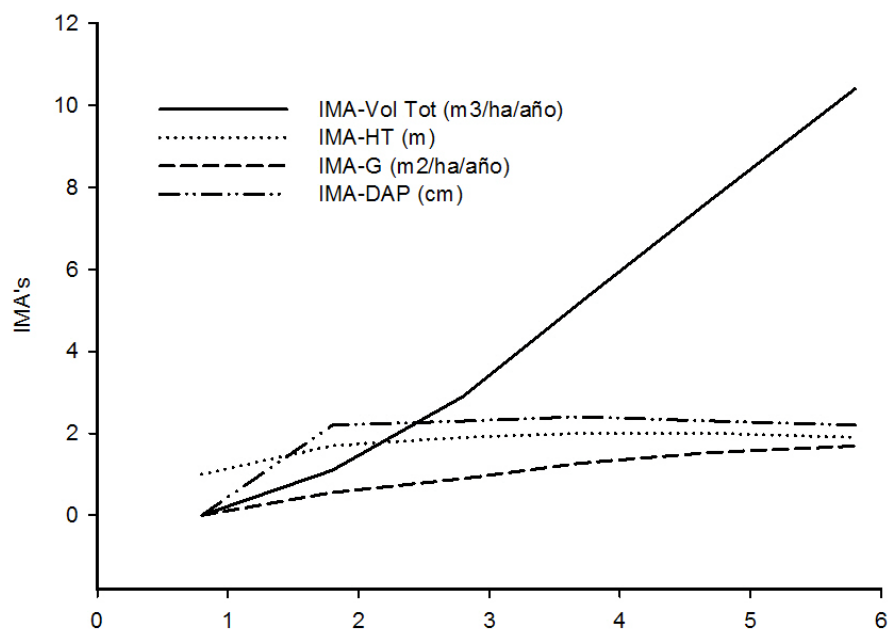


Figura 12. Curvas de incremento medio anual para el sistema N°3 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.

El IMA-VOL de *E. deglupta* (0.6 a 4.5 m³/ha/año) fue el más alto dentro de la mezcla. La especie que siguió fue *D. panamensis* (0.4 a 4.2 m²/ha/año). *A. hunsteini* y *S. macrophylla* (0.1 a 0.2 m³/ha/año) reportaron los IMA-VOL más bajos a partir de los 0.8 a los 5.8 años de edad (Figura 13).

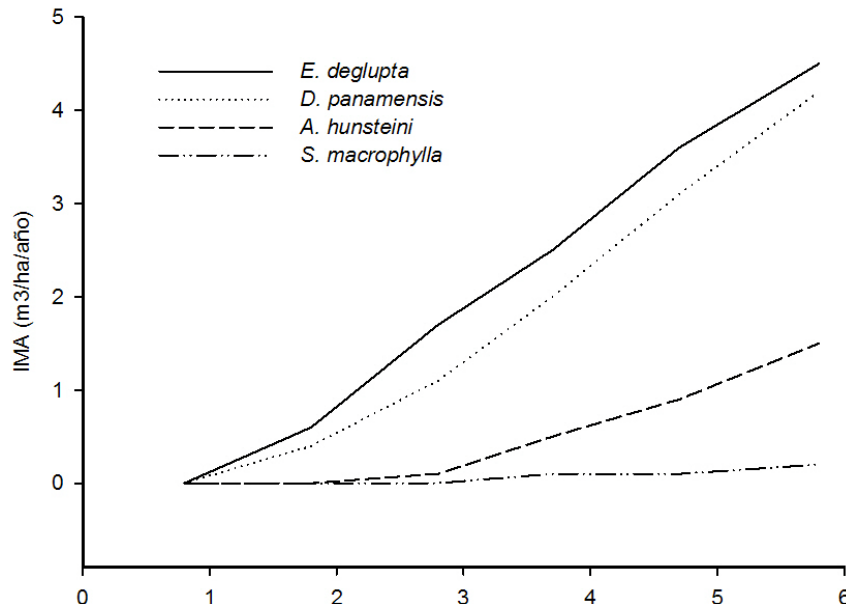


Figura 13. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 3 desde el año 0.8 al 5.8 en el sitio Las Delicias.

4.2.1.4 Sistema N° 4 ‘Mohegan’ con *V. guatemalensis* en El CATIE

4.2.1.4.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

En el sistema N° 4 ubicado en el sitio El CATIE, las 4 PPM reportaron un volumen total de 28.7 a 92.7 m³/ha con 693 árb/ha a los 5.8 años de edad y el G fluctuó entre 6.6 a 20.0 m²/ha (Figura 14).

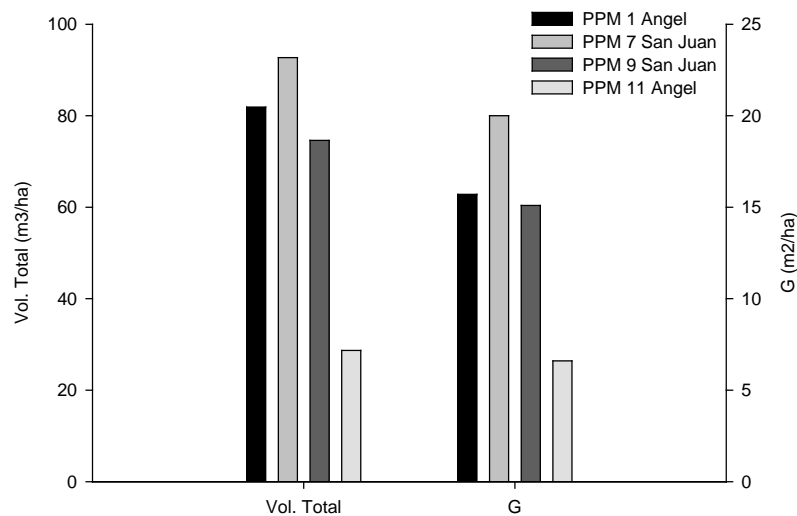


Figura 14. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 4 a los 5.8 años de edad, en el sitio El CATIE.

4.2.1.4.2 Productividad y crecimiento por especie

V. guatemalensis fue la especie que logró la más alta productividad en volumen total (60.8 m³/ha), mientras que las demás especies *A. hunsteini* (4.5 m³/ha), *E. deglupta* (3.5 m³/ha) y *S. macrophylla* (0.7 m³/ha) presentaron un volumen muy bajo. De la misma manera, la más alta G fue para *V. guatemalensis* (12.3 m²/ha) y las otras especies no superaron 2.0 m²/ha a los 5.8 años de edad.

El crecimiento por especie lo dominó *V. guatemalensis* (DAP 19.9 cm y HT 10.3 m), seguida de *E. deglupta* (DAP 11.3 cm y 9.8 m HT); ambas especies en un dosel superior. Las especies *A. hunsteini* y *S. macrophylla* estuvieron en un estrato inferior. (Cuadro 25).

Cuadro 25. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 4 por especies, a los 5.8 años de edad, de 4 PPM, en El CATIE.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	60.8	87.4	12.3	86.9	19.9	10.3	383	55.2
<i>E. deglupta</i>	3.5	5.0	0.5	3.5	11.3	9.8	35	5.1
<i>A. hunsteini</i>	4.5	6.5	1.3	9.1	7.2	5.2	230	33.1
<i>S. macrophylla</i>	0.7	1.0	0.2	1.4	7.4	7.0	45	6.5
TOTAL	69.5	100	14.3	100			693	100

4.2.1.4.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 4 tuvo un IMA-VOL que osciló de 0.4 a 11.9 m³/ha/año y el IMA-G estuvo comprendida de 0.4 a 2.5 m²/ha/año, en el período de 0.8 a los 5.8 años de edad. El IMA-HT fue de 0.9 a 1.4 m y el IMA-DAP de 1.9 a 2.0 cm. En la figura, 15 se observa los IMA's con una tendencia descendente a excepción del IMA-VOL.

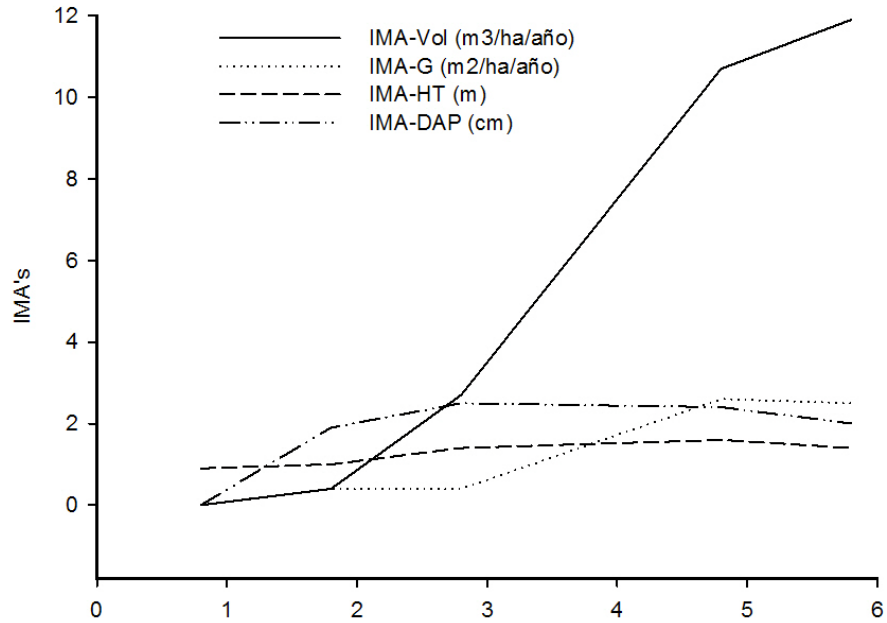


Figura 15. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 4 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

La especie con más IMA-VOL en el sistema fue *V. guatemalensis* (0.3 a 10.4 m³/ha/año), en cambio, las especies, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, sus IMA's no superaron 0.8 m³/ha/año (Figura 16).

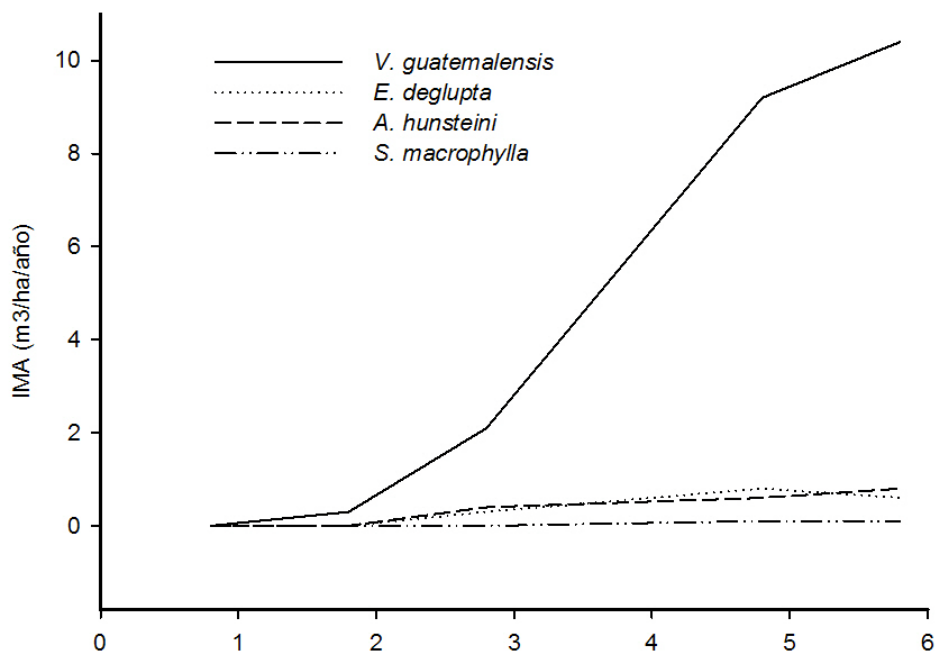


Figura 16. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 4 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

4.2.1.5 Sistema N° 5 ‘Mohegan’ con *H. alchorneoides* en El CATIE

4.2.1.5.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Las 2 PPM del sistema N° 5 (*H. alchorneoides*, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*) arrojaron de 6.2 a 22.0 m³/ha en volumen total, el G osciló de 2.5 a 5.7 m²/ha con 755 árb/ha a los 5.8 años de edad (Figura 17).

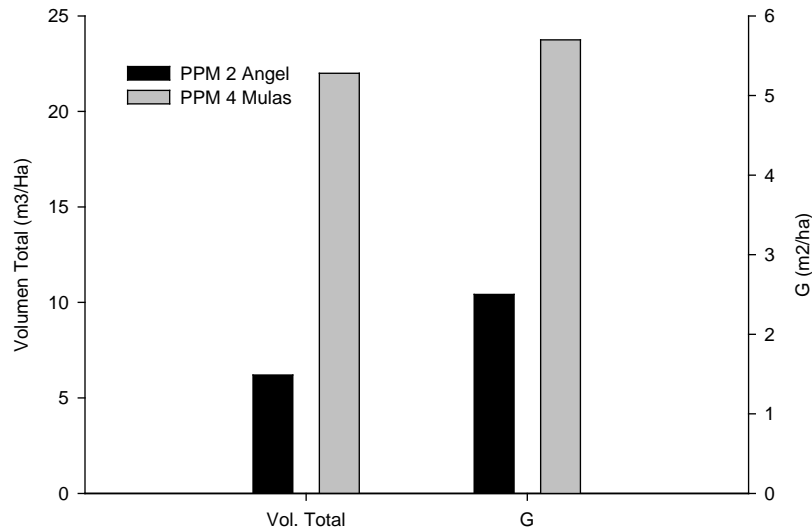


Figura 17. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 5 a los 5.8 años de edad, sitio El CATIE.

4.2.1.5.2 Productividad y crecimiento por especie

Fue *H. alchorneoides* (7.3 m³/ha) la especie que alcanzó la más alta productividad en volumen total con 350 árb/ha, seguida de *A. hunsteini* (3.8 m³/ha) con 290 árb/ha, *E. deglupta* (2.0 m³/ha) con 65 árb/ha y *S. macrophylla* (1.0 m³/ha) con 50 árb/ha. Todas las especies reportaron un muy bajo volumen total y el G del sistema fue baja. Por otro lado, la especie que logró una mejor G fue *H. alchorneoides* (2 m²/ha), seguida de *A. hunsteini* (1.3 m²/ha), mientras que las especies *E. deglupta* y *S. macrophylla* no superaron el 0.4 m²/ha a los 5.8 años de edad.

En lo que respecta al crecimiento, la especie que presentó el más alto DAP fue *S. macrophylla* (9.2 cm), seguida de *E. deglupta* (8.6 cm), *H. alchorneoides* (8.4 cm) y *A. hunsteini* (7.4 cm). En cambio, la mayor HT fue para *E. deglupta* (8.3 m), seguida de *H. alchorneoides* (6.9 m), *S. macrophylla* (6.5 m) y *A. hunsteini* (4.2 m) (Cuadro 26).

Cuadro 26. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 5 por especies, a los 5.8 años de edad, de 2 PPM, en El CATIE.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>H. alchorneoides</i>	7.3	51.7	2.0	48.7	8.4	6.9	350	46.3
<i>E. deglupta</i>	2.0	14.1	0.4	9.7	8.6	8.3	65	8.6
<i>A. hunsteini</i>	3.8	26.9	1.3	31.7	7.4	4.2	290	38.4
<i>S. macrophylla</i>	1.0	7.0	0.3	7.3	9.2	6.5	50	6.6
TOTAL	14.1	100	4.1	100			755	100

4.2.1.5.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 5 reportó un IMA-VOL muy bajo (0.1 a 2.5 m³/ha/año), al igual que el IMA-G (0.2 a 0.7 m²/ha/año) a partir de los 0.8 a los 5.8 años de edad. El IMA-HT (1.0 a 1.3 m) y IMA-DAP (2.5 a 8.4 cm) también fueron bajos. (Figura 18).

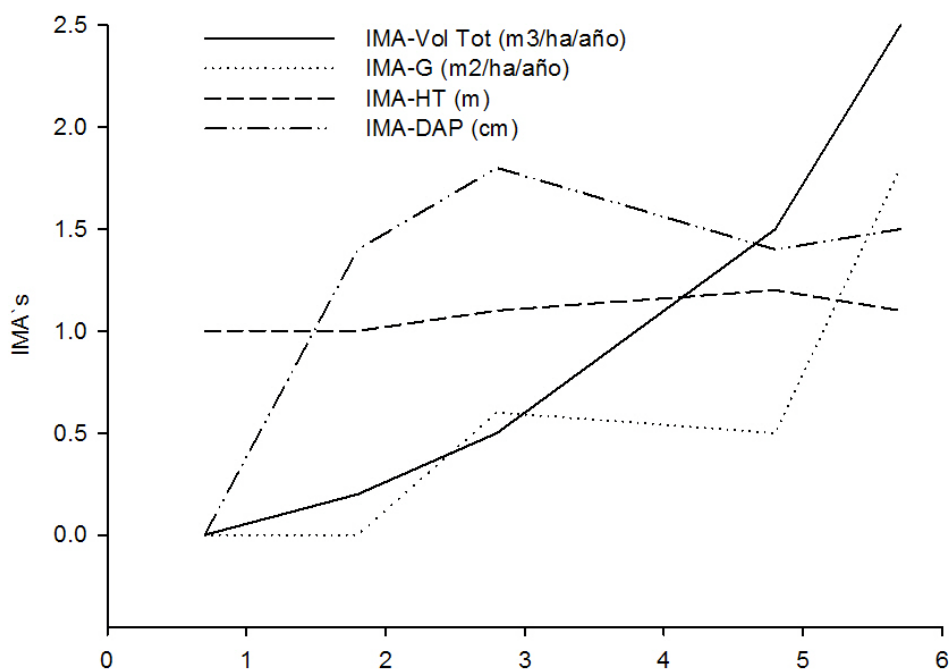


Figura 18. Curvas de incremento medio anual para sistema N° 5 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

En cuanto al IMA por especie fue *H. alchorneoides* quien presentó el más alto (1.3 m³/ha/año) a partir de los 0.8 a los 5.8 años de edad, *A. hunsteini* tuvo un IMA inferior a esta especie (0.3 a 0.7 m³/ha/año). Y las especies *E. deglupta* y *S. macrophylla* reportaron un IMA por debajo de 0.4 m³/ha/año (Figura 19).

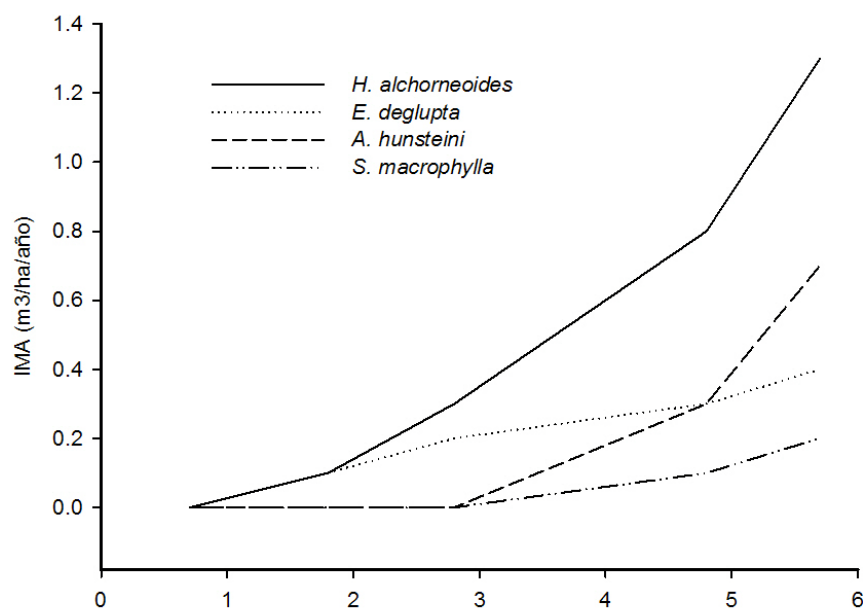


Figura 19. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 5, desde el año 2.8 al 5.8 en El CATIE.z

4.2.1.6 Sistema N° 6 ‘Mohegan’ con *D. panamensis* en El CATIE

4.2.1.6.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema tiene 3 PPM y 4 especies; *D. panamensis*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*. Su productividad en volumen total fue baja (2.3 a 12.8 m³/ha) con 650 árb/ha a los 5.8 años de edad, al igual que el G de 1.0 a 3.9 m²/ha (Figura 20).

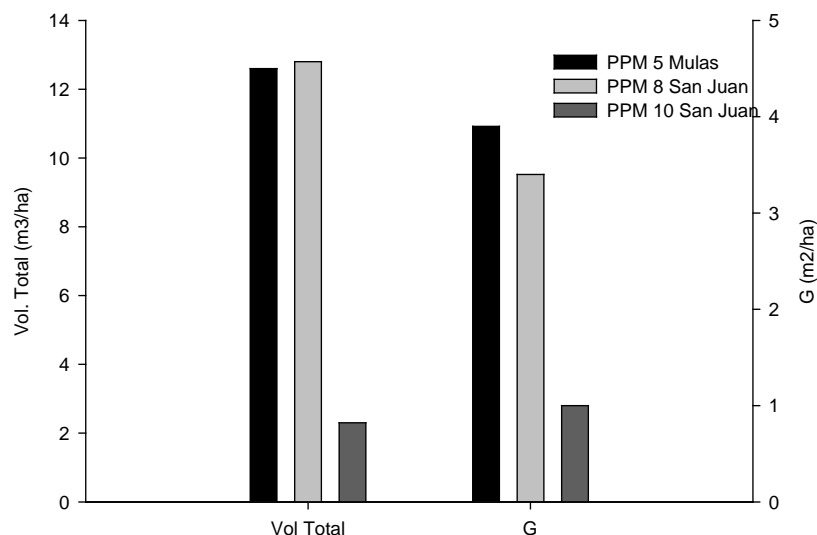


Figura 20. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 6 a los 5.8 años de edad, en el sitio El CATIE.

4.2.1.6.2 Productividad y crecimiento por especie

Las especies *A. hunsteini* (3.1 m³/ha) con 227 árb/ha y *E. deglupta* (3.1 m³/ha) con 40 árb/ha tuvieron baja productividad en volumen total, al igual que *D. panamensis* (2.5 m³/ha) con 340 árb/ha y *S. macrophylla* (0.6 m³/ha) con 43 árb/ha. La mejor G de las cuatro especies fue para *A. hunsteini* (1.2 m²/ha).

El crecimiento en el sistema lo dominó *E. deglupta* (DAP 11.6 cm y HT 8.6 m), mientras que en un estrato intermedio se encontró *A. hunsteini* (DAP 7.4 cm y HT 4.5 m). Las especies *S. macrophylla* (DAP 7.4 cm y HT 5.0 m) y *D. panamensis* (DAP 5.4 y HT 4.9 m) fueron las que presentaron los peores crecimientos (Cuadro 27).

Cuadro 27. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N°6 por especies, a los 5.8 años de edad, de 3 PPM, en el sitio El CATIE.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%			ha	%
<i>D. panamensis</i>	2.5	27.1	0.8	28.6	5.4	4.9	340	52.3
<i>E. deglupta</i>	3.1	33.7	0.6	21.4	11.6	8.6	40	6.1
<i>A. hunsteini</i>	3.1	33.7	1.2	42.8	7.4	4.5	227	34.9
<i>S. macrophylla</i>	0.6	6.4	0.2	7.1	7.4	5.0	43	6.6
TOTAL	9.2	100	2.8	100			650	100

4.2.1.6.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 6 tuvo un IMA-VOL muy bajo (0.1 a 1.6 m³/ha/año) a partir del 0.8 a los 5.8 años de edad, al igual que el IMA-G (0.1 a 0.5 m²/ha/año) en ese mismo período. El IMA-HT (1.0 a 1.2 m) e IMA-DAP (1.4 a 1.8 cm) también fueron bajos. (Figura 21).

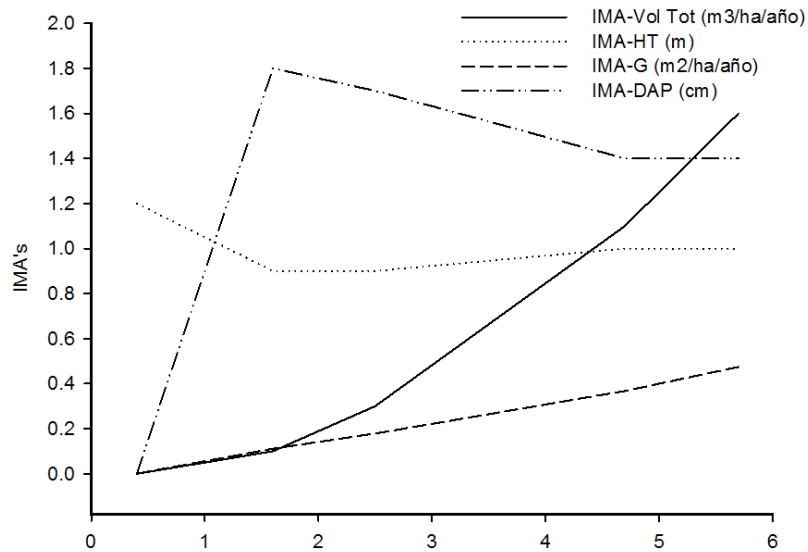


Figura 21. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 6 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE..

El IMA-VOL para *A. hunsteini* (0.3 a 0.5 m³/ha/año) y *E. deglupta* (0.1 a 0.5 m³/ha/año) fueron similares y muy bajos. De la misma manera para *D. panamensis* (0.1 a 0.4 m³/ha año) y *S. macrophylla* (0.1 m³/ha año), en un período de 0.8 a los 5.8 años de edad (Figura 22).

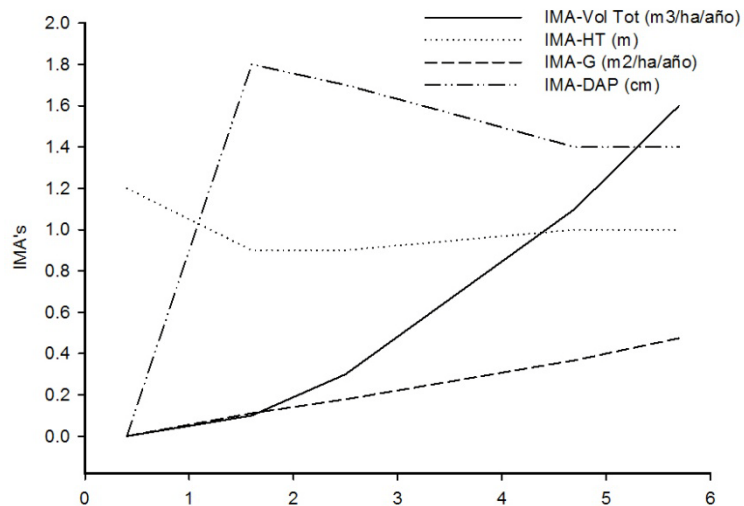


Figura 22. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 6 desde el año 0.8 al 5.8 en el sitio El CATIE.

4.2.1.7 Sistema N° 7 ‘Mohegan’ con *P. tecunumanii* en El CATIE

4.2.1.7.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema está constituido por 4 especies; *P. tecunumanii*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*. Su productividad fue media en el sitio El CATIE (22 m³/ha) con 730 árb/ha a los 5.8 años de edad. El G fue de 6.4 m²/ha (Figura 23).

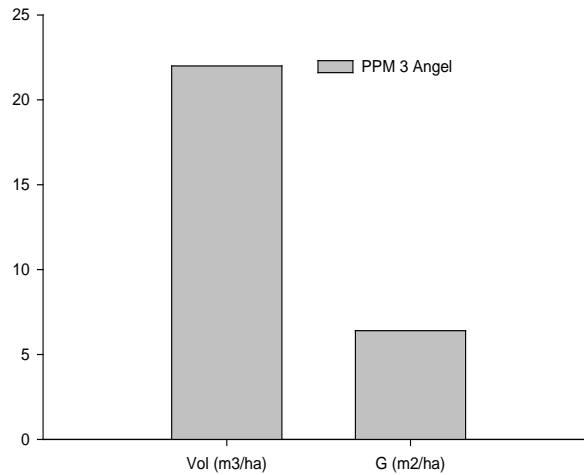


Figura 23. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 7 a los 5.8 años de edad, en el sitio El CATIE.

4.2.1.7.2 Productividad y crecimiento por especie

P. tecunumanii (13.0 m³/ha) con 340 árb/ha presentó el mejor volumen, seguida de *A. hunsteini* (5.8 m³/ha) con 290 árb/ha. Las especies de menor productividad fueron *E. deglupta* (1.7 m³/ha) y *S. macrophylla* (1.5 m³/ha); ambas especies con 50 árb/ha.

El área basal del sistema ocupó *P. tecunumanii* (3.6 m²/ha) y *A. hunsteini* (1.9 m²/ha), que fueron las especies de más alta productividad. Las especies *E. deglupta* y *S. macrophylla* no superaron 0.5 m²/ha.

La HT fue *E. deglupta* (8.8 m), no así en DAP que correspondió a *P. tecunumanii* (11.6 cm). La *S. macrophylla* (7.6 cm) obtuvo un crecimiento superior en HT con respecto a *A. hunsteini*, pero no en DAP (Cuadro 28).

Cuadro 28. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 7 por especies, a los 5.8 años de edad de 1 PMM, en El CATIE.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	Cm	m	ha	%
<i>P. tecunumanii</i>	13.0	59.0	3.6	56.3	11.6	7.4	340	46.5
<i>E. deglupta</i>	1.7	7.7	0.4	6.2	9.9	8.8	50	6.8
<i>A. hunsteini</i>	5.8	26.3	1.9	29.6	9.2	5.7	290	39.7
<i>S. macrophylla</i>	1.5	6.8	0.5	7.8	7.6	7.6	50	6.8
TOTAL	22.0	100	6.4	100			730	100

4.2.1.7.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 7 tuvo un IMA-VOL de 0.1 a 3.8 m³/ha/año, desde el 0.8 a los 5.8 años de edad. El IMA-G fue de 0.7 a 1.1 m²/ha/año. El IMA-HT fue de 1.0 a 1.3 m y el IMA-DAP osciló entre 1.4 a 1.8 cm (Figura 24).

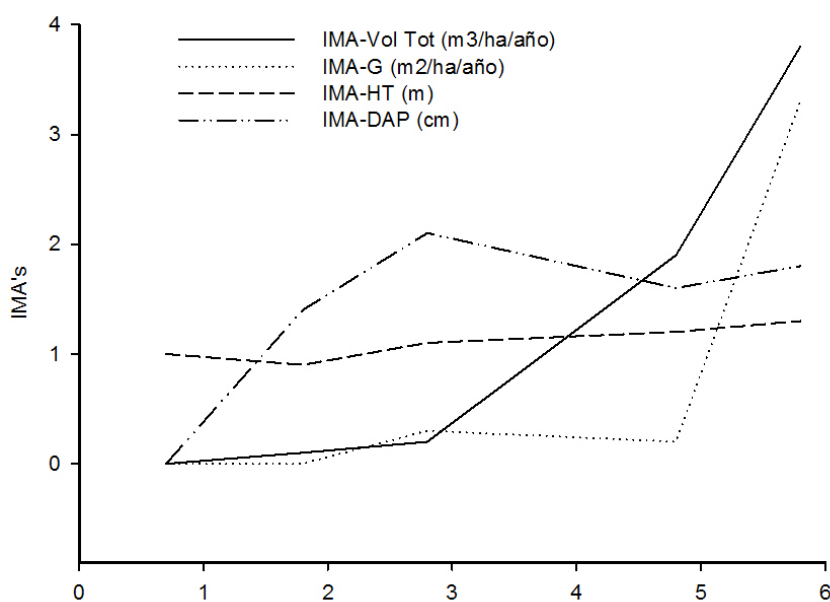


Figura 24. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 7 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

La especie *P. tecunumanii* (1.0 a 2.3 m³/ha/año) reportó el mejor IMA-VOL por especie desde el 0.8 a los 5.8 años de edad. Las demás especies del sistema presentaron un

IMA-VOL muy bajo; *E. deglupta* (0.2 a 1.0 m³/ha/año), *A. hunsteini* (0.5 a 1.0 m³/ha año) y *S. macrophylla* (0.1 a 0.3 m³/ha/año) (Figura 25).

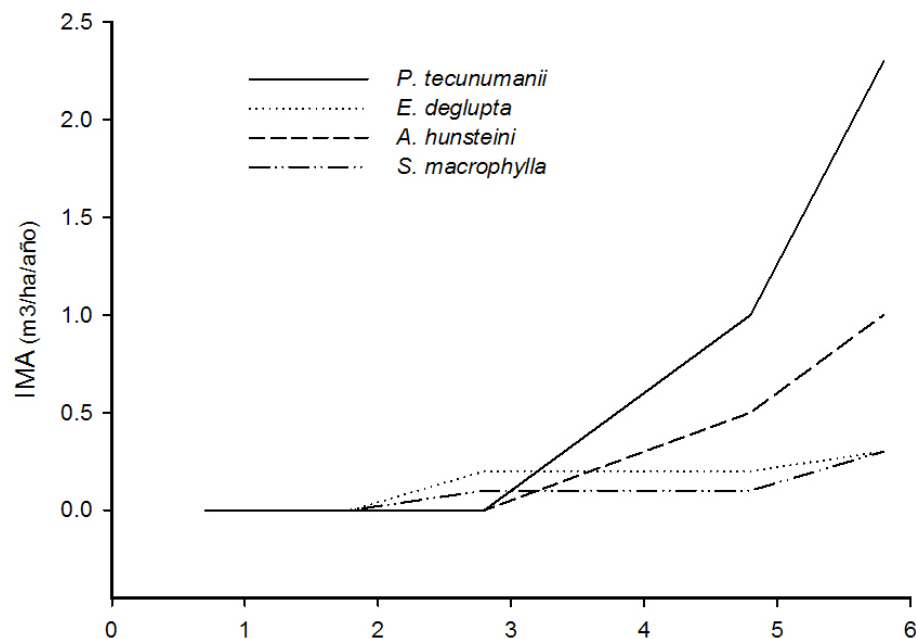


Figura 25. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 7 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

4.2.2 Grupo B. Las Delicias y el CATIE con los lotes Mohegan y ‘26 donantes’

Este grupo tiene tres sistemas mixtos establecidos; dos de ellos en el sitio Las Delicias y uno en El CATIE y todos los sistemas comparten el mismo lote *Mohegan*. Estadísticamente se encontraron diferencias significativas en IMA-VOL ($p < 0.05$) entre los sistemas de Las Delicias y El CATIE, por especie y por mezcla (Anexo 1).

4.2.2.1 Sistema 8 ‘Mohegan’ con *A. hunsteini* en las Delicias

4.2.2.1.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 8 cuenta con tres especies; *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini* y las 2 PPM que reportaron un volumen total intermedio en este grupo (77.4 a 87.7 m³/ha) con 496 árb/ha, al igual que el G de 12.0 a 13.0 m²/ha (Figura 26).

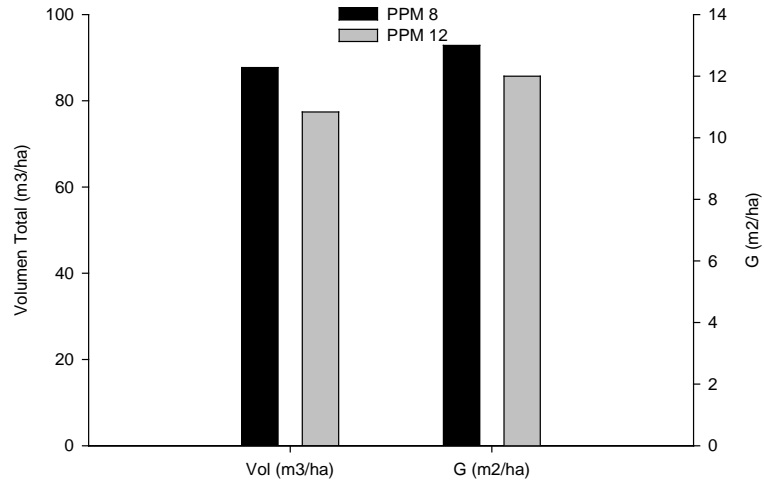


Figura 26. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 8 a los 5.8 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.2.1.2 Productividad y crecimiento por especie

En este sistema, *E. deglupta* (54.2 m³/ha) con 59 árb/ha fue la especie que aportó el más alto volumen total, seguida de *A. hunsteini* (27.7 m³/ha) con 395 árb/ha. El aporte de volumen total de *S. macrophylla* (0.6 m³/ha) con 43 árb/ha fue el más bajo. En cambio, *A. hunsteini* (7.1 m²/ha) fue la especie que obtuvo la más alta productividad en G, seguida *E. deglupta* (5.8 m²/ha) y *S. macrophylla* (0.2 m²/ha) (Cuadro 31).

El crecimiento de este sistema por especie fue variado; *E. deglupta* (DAP 29.1 cm y HT 23.1 m) que dominó el dosel superior, *A. hunsteini* (DAP 13.0 cm y HT 8.3 m) en el estrato intermedio y *S. macrophylla* (DAP 5.9 cm y HT 5.6 m) en el estrato inferior (Cuadro 29).

Cuadro 29. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 8 por especies, a los 5.8 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%			ha	%
<i>E. deglupta</i>	54.2	65.6	5.2	41.6	29.1	23.1	59	11.8
<i>A. hunsteini</i>	27.7	33.5	7.1	56.8	13.0	8.3	395	79.6
<i>S. macrophylla</i>	0.6	0.7	0.2	1.6	5.9	5.6	43	8.6
TOTAL	82.6	100	12.5	100			496	100

4.2.2.1.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 8 reportó un IMA-VOL de 0.4 a 10.7 m³/ha y un IMA-G fue de 0.3 a 2.2 m²/ha/año. El IMA-HT osciló entre 1.4 a 2.2 m y el IMA-DAP entre 2.3 a 2.8 cm desde los 0.8 a los 5.8 años de edad (Figura 27).

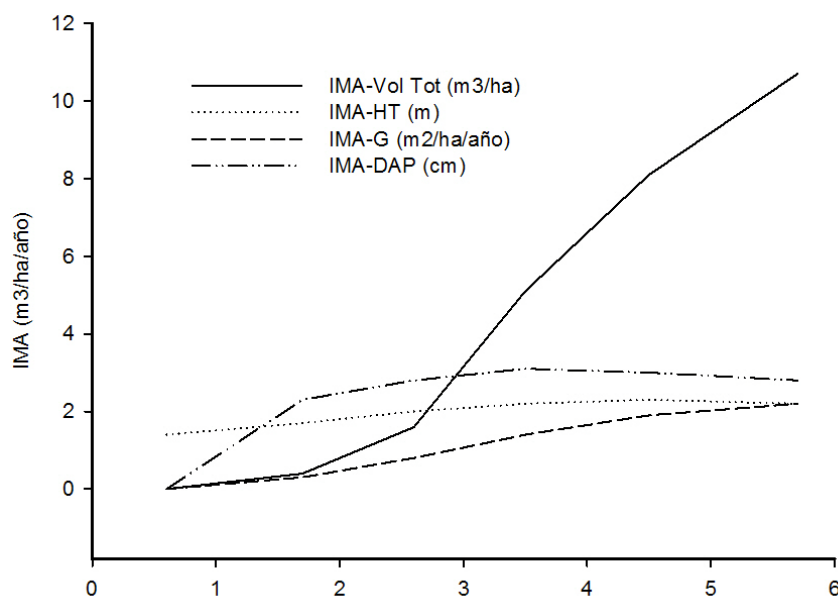


Figura 27. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 8 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.

Con respecto a los IMA's por especies, *E. deglupta* (1.4 a 6.9 m³/ha/año) fue la especie que reportó el más alto, junto con *A. hunsteini* (0.2 a 3.7 m³/ha/año), mientras que la especie *S. macrophylla* (0.1 m³/ha/año) arrojó el más bajo IMA-VOL en un periodo desde los 0.8 a los 5.8 años de edad (Figura 28).

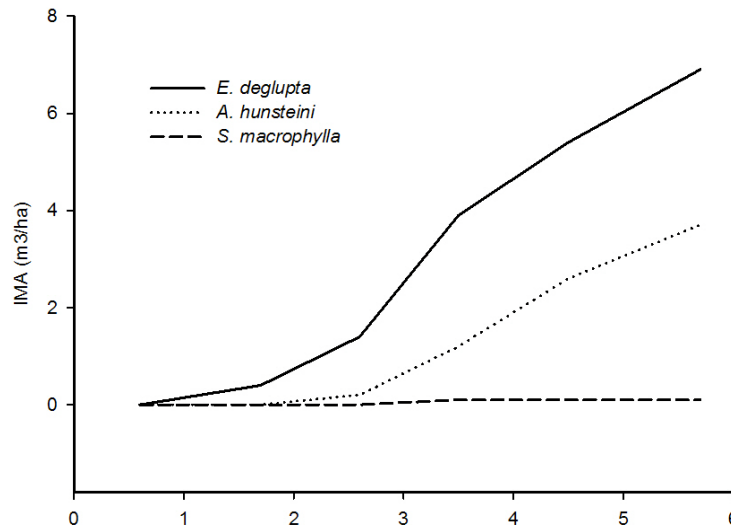


Figura 28. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 8 desde el año 0.8 al 5.8 en Las Delicias.

4.2.2.2 Sistema N° 9 ‘Mohegan’ con *A. hunsteini* en El CATIE

4.2.2.2.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 9 establecido en el sitio El CATIE cuenta con tres especies; *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*. La productividad de este sistema en volumen total fue de 7.3 m³/ha, el G estuvo en 2.6 m²/ha, con 550 árb/ha a los 5.8 años de edad. (Figura 29).

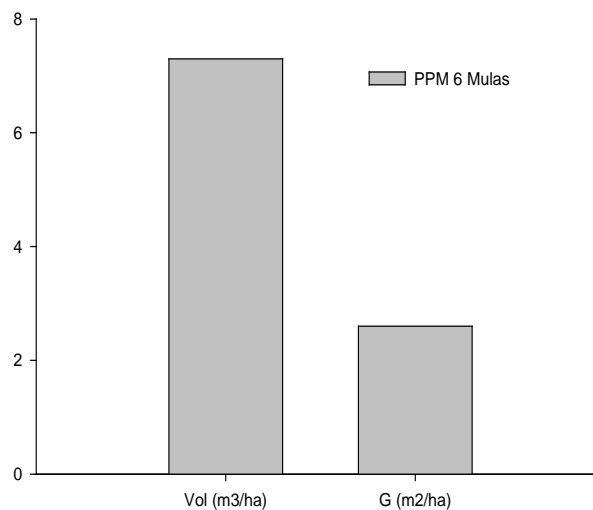


Figura 29. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 9 a los 5.8 años de edad, sitio El CATIE.

4.2.2.2.2 Productividad y crecimiento por especie

En este sistema, fue *A. hunsteini* (4.6 m³/ha) con 460 árb/ha la especie que contribuyó con el más alto volumen total, seguida de *E. deglupta* (2.0 m³/ha) con 40 árb/ha. El aporte de *S. macrophylla* (0.6 m³/ha) con 50 árb/ha fue muy bajo. En lo referente al G, *A. hunsteini* (2.0 m²/ha) predominó las otras dos especies aportaron no más de 0.6 m²/ha. En cambio, *E. deglupta* (DAP 11.6 cm y HT 9.6 m) reportó el más alto crecimiento, mientras que *A. hunsteini* (DAP 7.4 cm y HT 4.1 m) alcanzó al estrato intermedio y *S. macrophylla* (DAP 7.9 cm y HT 5.5 m) el estrato inferior (Cuadro 30).

Cuadro 30. Promedio de productividad y crecimiento del sistema N° 9 por especies, a los 5.8 años de edad, de 1 PPM, en El CATIE.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>A. hunsteini</i>	4.6	63.0	2.0	76.9	7.4	4.1	460	83.6
<i>E. deglupta</i>	2.0	27.4	0.4	15.3	11.6	9.6	40	7.2
<i>S. macrophylla</i>	0.6	8.2	0.2	7.6	7.9	5.5	50	9.1
TOTAL	7.3	100	2.6	100			550	100

4.2.2.2.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 9 reportó un IMA-VOL (0.2 a 1.3 m³/ha/año) muy bajo a partir de los 0.8 a los 5.8 años de edad, de la misma forma el IMA-G osciló de 0.1 a 0.4 m²/ha/año. El IMA-HT (1.0 a 1.1 m) también fue bajo al igual que el IMA-DAP (1.3 a 1.6 cm) (Figura 30).

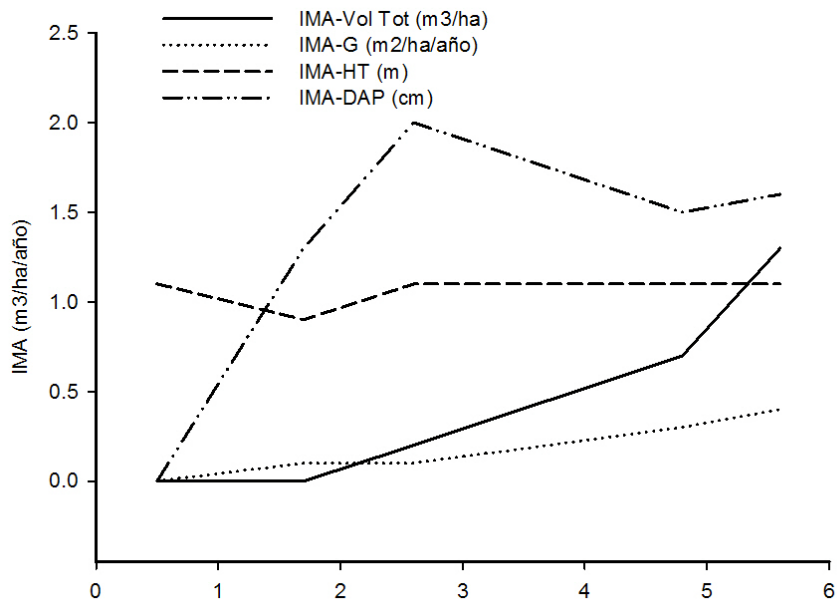


Figura 30. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 9 desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

En cuanto al IMA-VOL por especie, *A. hunsteini* arrojó el mayor con relación a las otras dos especies a partir del 0.8 a los 5.8 años de edad. Por otro lado, *E. deglupta* (0.1 a 0.4 m3/ha/año) y *S. macrophylla* (0.1 m3/ha/año) mostraron sus IMA-VOL bajos (Figura 31).

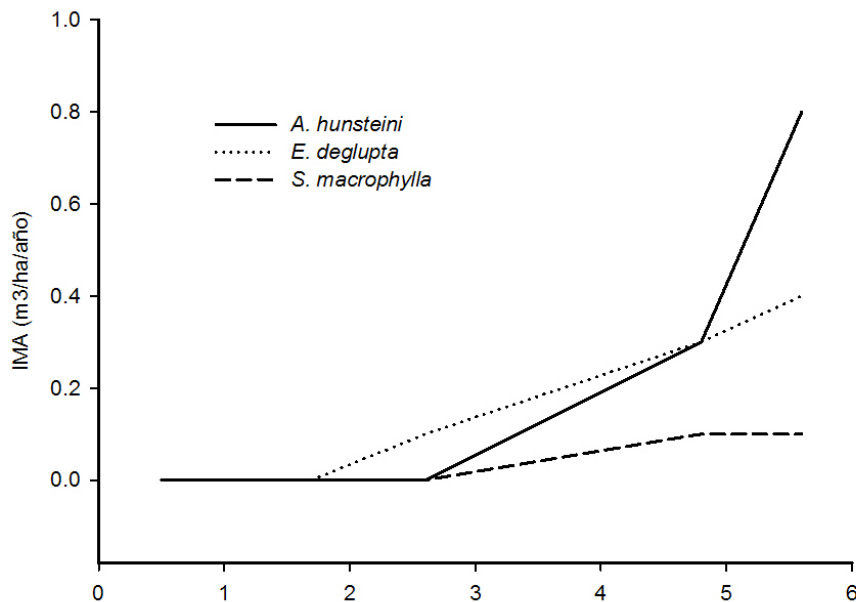


Figura 31. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 9, desde el año 0.8 al 5.8 en El CATIE.

4.2.2.3 Sistema N° 10 ‘26 donantes’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

4.2.2.3.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 10 está conformado por tres especies; *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* y *A. hunsteini*. Las 3 PPM de este sistema presentaron una productividad de 212.8 a 215.5 m³/ha con 509 árb/ha y fue la más alta productividad entre los sistemas de este grupo a los 9 años de edad. El G estuvo de 22.8 a 24.4 m²/ha, a los 5.8 años de edad (Figura 32).

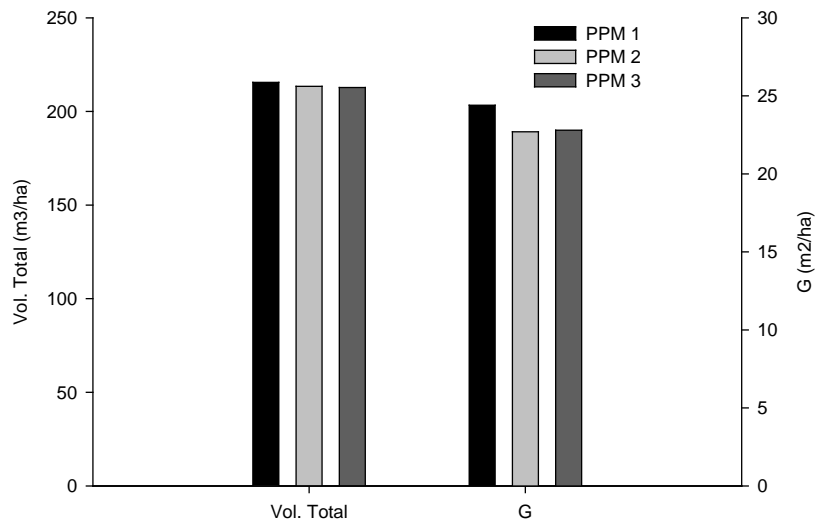


Figura 32. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 10, a los 9.0 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.2.3.2 Productividad y crecimiento por especie

Dentro de este sistema, la especie que aportó la mayor productividad a la mezcla fue *V. guatemalensis* (140.6 m³/ha) con 165 árb/ha, seguida de *H. alchorneoides* (67.7 m³/ha) con 205 árb/ha y *A. hunsteini* (5.7 m³/ha) con 139 árb/ha. En lo que respecta al G, ocuparon *V. guatemalensis* con 15.2 m²/ha, *H. alchorneoides* con 7.1 m²/ha y *A. hunsteini* con 1.1 m²/ha.

En el crecimiento en DAP del sistema a los 9 años de edad, lo dominó *V. guatemalensis* (34.2 cm) versus *H. alchorneoides* (20.8 cm). En cambio, para la HT, *H. alchorneoides* (20.8 m) superó a *V. guatemalensis* (19.8 m) y *A. hunsteini* (DAP 9.9 cm y HT 8.6 m) estuvo ubicada en el estrato inferior (Cuadro 31).

Cuadro 31. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 10 por especies, a los 9.0 años de edad, de 3 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	140.6	65.7	15.2	65.2	34.2	19.8	165	32.4
<i>H. alchorneoides</i>	67.7	31.7	7.1	30.4	20.8	20.8	205	40.2
<i>A. hunsteini</i>	5.7	2.6	1.1	4.7	9.9	8.6	139	27.3
TOTAL	213.9	100	23.3	100			509	100

4.2.2.3.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

Este sistema cuenta con cuatro mediciones en el tiempo que reportaron 13.1 a 23.8 m³/ha/año en IMA-VOL y el IMA-G entre 2.4 a 2.6 m²/ha/año a partir de los 5 hasta los 9 años de edad. En cambio, el IMA-HT fue de 1.9 a 1.8 m y el IMA-DAP de 3.0 a 2.4 cm con una curva descendente para las tres últimas variables (Figura 33).

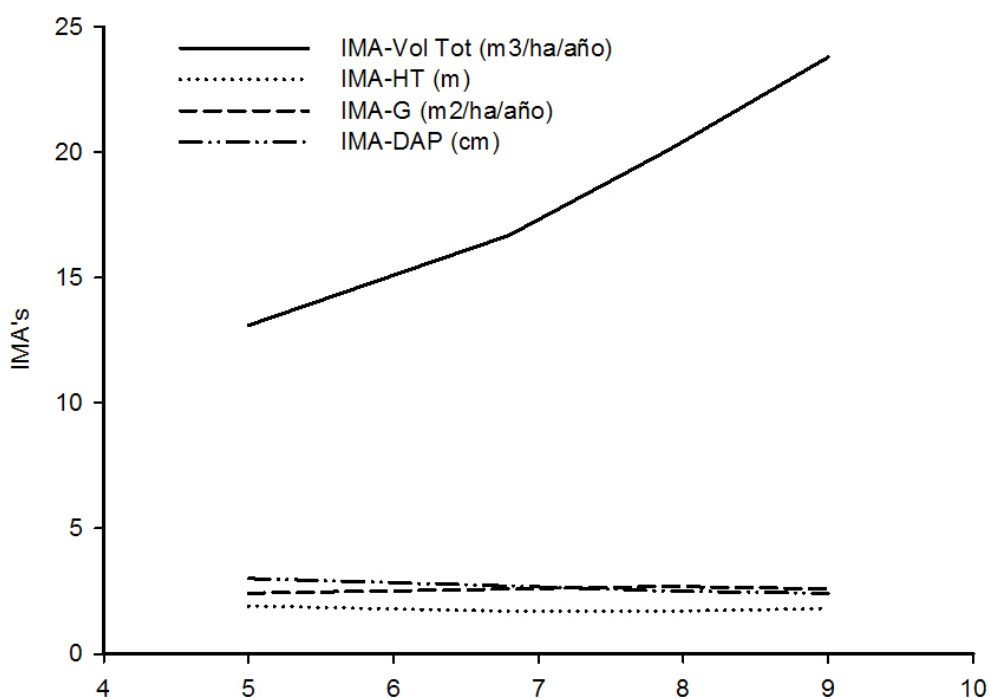


Figura 33. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 10 desde el año 5.0 al 9.0 en Las Delicias.

En cuanto al IMA-VOL por especies, fue *V. guatemalensis* quien presentó el mejor incremento (9.7 a 15.6 m³/ha/año) a partir de los 5 a los 9 años de edad. En cambio, *H. alchorneoides* (3.0 a 7.5 m³/ha/año) tuvo un IMA-VOL inferior. La especie que reportó el IMA más bajo fue *A. hunsteini* (0.4 a 0.6 m³/ha/año) (Figura 34).

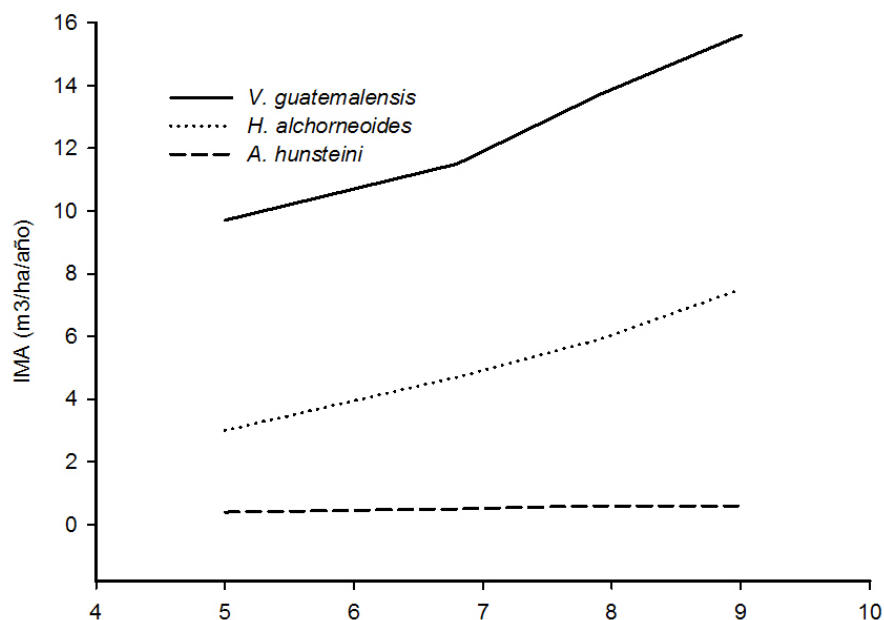


Figura 34. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 10, desde el año 5.0 al 9.0 en Las Delicias.

4.2.3 Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’, ‘Cmeec’, ‘TSF’ y Pavones, con 2 especies

Este grupo tiene 7 sistemas mixtos agrupados por el número de especies y establecidos en los sitios de Las Delicias, Turrialba y Pavones, y estadísticamente se encontraron diferencias significativas en IMA-VOL ($p < 0.05$), por especie y por mezcla (Anexo 1).

4.2.3.1 Sistema N° 11 ‘Con Col’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

4.2.3.1.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 11 tiene las especies *V. guatemalensis* con *A. hunsteini* y las 2 PPM reportaron en productividad un volumen total de 269.4 a 300.8 m³/ha, el G osciló de 28.8 a 32.6 m²/ha con 552 árb/ha a los 7.3 años de edad. (Figura 35).

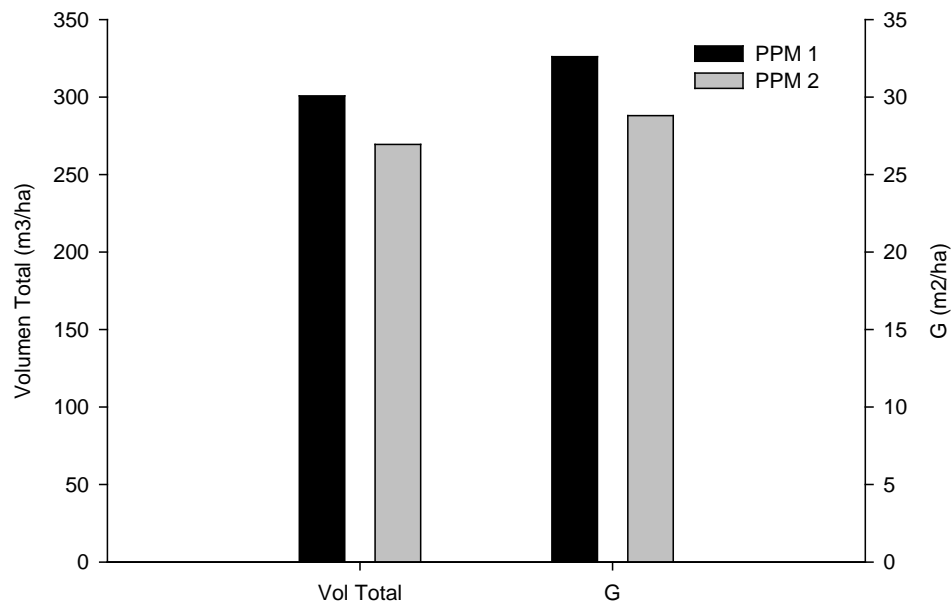


Figura 35. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 11, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.3.1.2 Productividad y crecimiento por especie

En este sistema, *V. guatemalensis* (280.1 m³/ha) fue la especie que aportó con casi la totalidad de la productividad en volumen total con 406 árb/ha, mientras que *A. hunsteini* (5.0 m³/ha) contribuyó mínimamente con 146 árb/ha. El G para *V. guatemalensis* (29.6 m²/ha) fue alta, en cambio que *A. hunsteini* fue muy baja (1.1 m²/ha) a una edad de 7.3 años.

Este es un sistema dominado por *V. guatemalensis* con una altura total de 20.3 m y el DAP de 30.5 cm, mientras que *A. hunsteini* creció en un dosel inferior reportando para HT 8.2 m y DAP de 9.6 cm (Cuadro 32).

Cuadro 32. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N°11 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en las Delicias

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	280.1	98.2	29.6	96.4	30.5	20.3	406	73.5
<i>A. hunsteini</i>	5.0	1.8	1.1	3.5	9.6	8.2	146	26.5
TOTAL	285.1	100	30.7	100			552	

4.2.3.1.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

En el grupo C, los sistemas N° 11, 12 y 13, ubicados en el lote *Con Col*, el sitio Las Delicias, y el sistema N° 17 en el lote *TFS*, el sitio Turrialba, no registraron mediciones en el tiempo, porque en el año 2008 se instalaron las primeras parcelas permanentes de monitoreo.

4.2.3.2 Sistema N° 12 ‘Con Col’ con *H. alchorneoides* en Las Delicias

4.2.3.2.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 12 con dos especies; *H. alchorneoides* y *A. hunsteini*. De acuerdo a las 2 PPM, la productividad dentro del sistema osciló en 63.5 a 87.9 m³/ha y el G en 9.9 a 13.3 m²/ha con 500 árb/ha a los 7.3 años de edad (Figura 36).

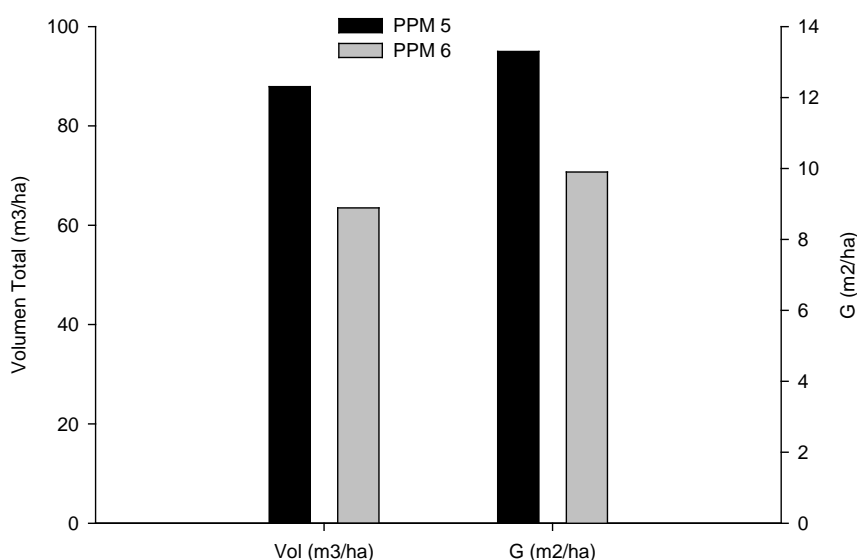


Figura 36. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 12, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.3.2.2 Productividad y crecimiento por especie

La más alta productividad en volumen total dentro del sistema correspondió a *H. alchorneoides* (70.4 m³/ha) con 406 árb/ha. En cambio, la más baja fue para *A. hunsteini* (5.3 m³/ha) con 94 árb/ha. El G mayor correspondió para *H. alchorneoides* (10.5 m²/ha) y el menor para *A. hunsteini* (1.1 m²/ha). El dosel superior estuvo dominado por *H. alchorneoides* (DAP 18.1 cm y HT 13.5 m), mientras que *A. hunsteini* (DAP 12.7 cm y HT 9.2 m) fue una especie en un estrato inferior (Cuadro 33).

Cuadro 33. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 12 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PMM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%			ha	%
<i>H. alchorneoides</i>	70.4	93.0	10.5	90.5	18.1	13.5	406	81.2
<i>A. hunsteini</i>	5.3	7.0	1.1	9.5	12.7	9.2	94	18.8
TOTAL	75.7	100	11.6	100			500	100

4.2.3.3 Sistema N° 13 ‘Con Col’ con *D. panamensis* en Las Delicias

4.2.3.3.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema cuenta con dos especies; *D. panamensis* y *A. hunsteini*, y tiene 2 PPM que reportaron una productividad en volumen total de 22.2 a 31.7 m³/ha, el G fue de 4.1 a 6.3 m²/ha con 875 árb/ha a los 7.3 años de edad (Figura 37).

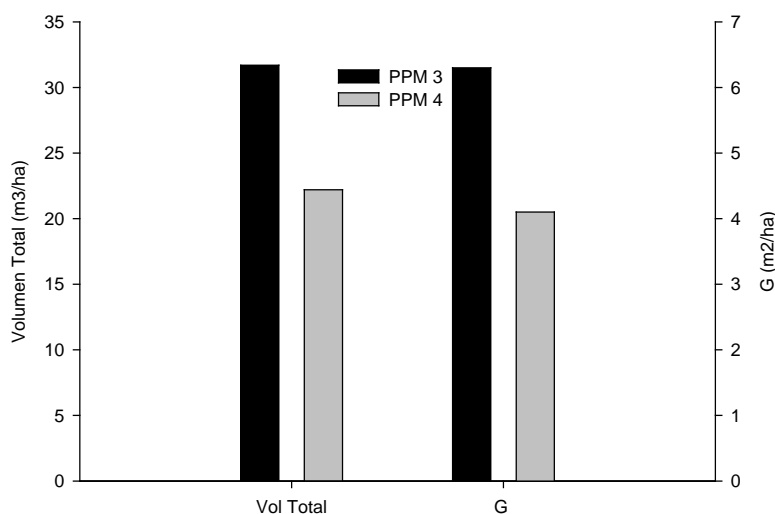


Figura 37. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 13, a los 7.3 años de edad, en el sitio Las Delicias.

4.2.3.3.2 Productividad y crecimiento por especie

D. panamensis (24.0 m³/ha) con 297 árb/ha es la especie que presentó la más alta productividad en volumen, mientras que *A. hunsteini* (3.0 m³/ha) con 578 árb/ha reportó muy baja. En los que respecta al G, fue *D. panamensis* (4.2 m²/ha) quien presentó la más alta productividad, no así *A. hunsteini* (1.1 m²/ha). En cuanto al crecimiento el dosel superior fue

para *D. panamensis* (DAP 13.3 cm y HT 11.8 m), y el dosel inferior para *A. hunsteini* (DAP 4.9 cm y HT 2.9 m) a los 7.3 años de edad (Cuadro 34).

Cuadro 34. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 13 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>D. panamensis</i>	24.0	89.2	4.2	80.7	13.3	11.8	297	33.9
<i>A. hunsteini</i>	3.0	11.1	1.1	21.1	4.9	2.9	578	66.1
TOTAL	26.9	100	5.2	100			875	

4.2.3.4 Sistema N° 14 ‘Cmeec’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

4.2.3.4.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema está conformado por dos especies; *V. guatemalensis* y *A. hunsteini*, y cuenta con 3 PPM. La productividad en volumen total osciló de 211.9 a 386.6 m³/ha y el G estuvo entre 25.3 a 41.7 m²/ha con 819 árb/ha a los 7.3 años de edad (Figura 38).

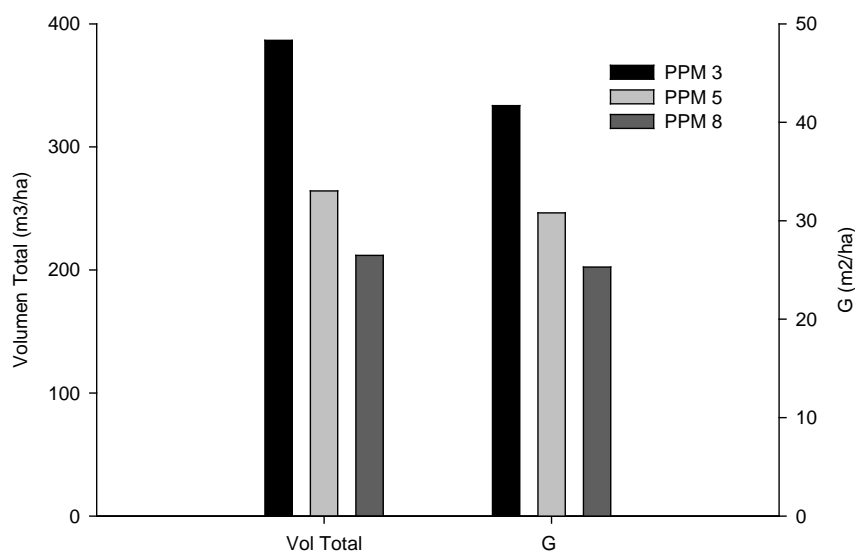


Figura 38. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 14, a los 7.3 años de edad, en el sitio Las Delicias.

4.2.3.4.2 Productividad y crecimiento por especie

En este sistema, fue *V. guatemalensis* (286.2 m³/ha) con 566 árb/ha quien aportó casi la totalidad de la producción en volumen total, mientras que *A. hunsteini* (1.4 m³/ha) con 253 árb/ha presentó un aporte muy bajo. El G de *V. guatemalensis* fue de 32.2 m²/ha y el de *A. hunsteini* de 0.4 m²/ha. El crecimiento lo domina *V. guatemalensis* (DAP 26.7 cm y HT 18.3 m) a los 7.3 años de edad, en cambio, *A. hunsteini* (DAP 4.1 cm y HT 2.8 m) ocupa el estrato inferior (Cuadro 35).

Cuadro 35. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 14 por especies, a los 7.3 años de edad, de 2 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	Ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	286.2	99.5	32.2	98.7	26.7	18.3	566	69.1
<i>A. hunsteini</i>	1.4	0.5	0.4	1.3	4.1	2.8	253	30.9
TOTAL	287.6	100	32.6	100			819	100

4.2.3.4.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 14 reportó un IMA-VOL alto de 3.1 a 39.2 m³/ha/año y el IMA-G estuvo entre 2.0 a 4.5 m²/ha/año. El IMA-DAP osciló de 2.1 a 3.3 cm y el IMA-HT de 1.1 a 1.4 m desde los 2.2 a los 7.3 años de edad (Figura 39).

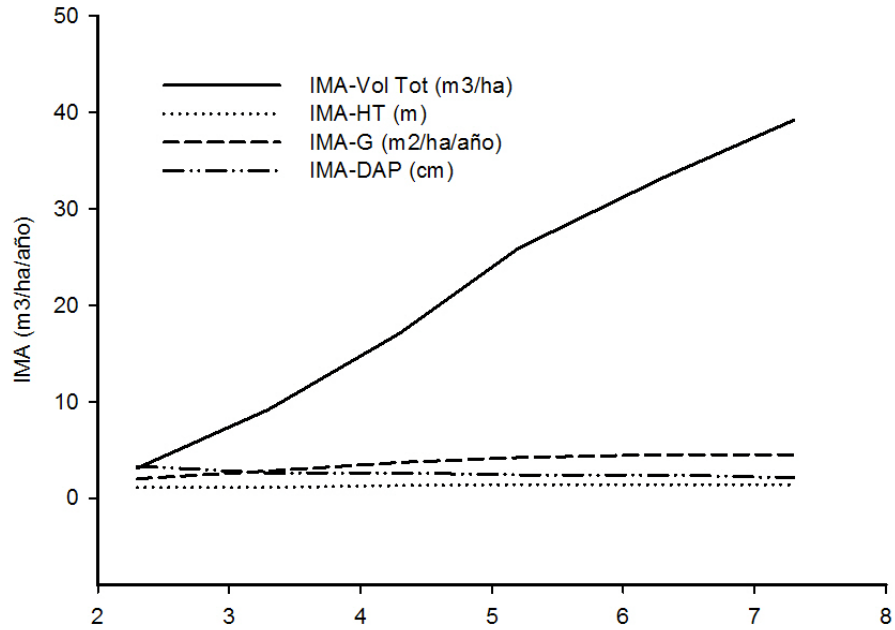


Figura 39. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 14 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.

Para el IMA-VOL por especie, *V. guatemalensis* reportó la más alta productividad con 2.8 a 39.0 m³/ha/año. En cambio, para el IMA-VOL *A. hunsteini* fue muy bajo con 0.2 m³/ha/año en un periodo desde los 2.2 a los 7.3 años de edad (Figura 40).

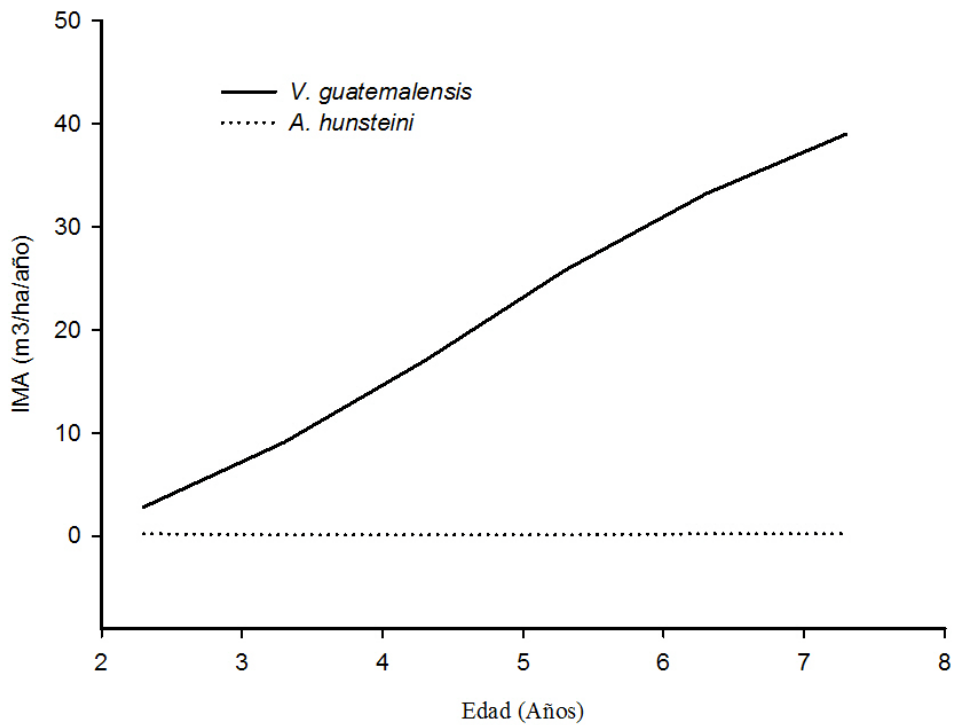


Figura 40. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 14 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.

4.2.3.5 Sistema N° 15 ‘Cmiec’ con *H. alchorneoides* en Las Delicias

4.2.3.5.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 15 cuenta con tres PPM que reportaron la productividad en volumen total de 60.8 a 83.0 m³/ha y el G del sistema estuvo en 9.9 a 13.1 m²/ha/año con 698 árb/ha a los 7.3 años de edad (Figura 41).

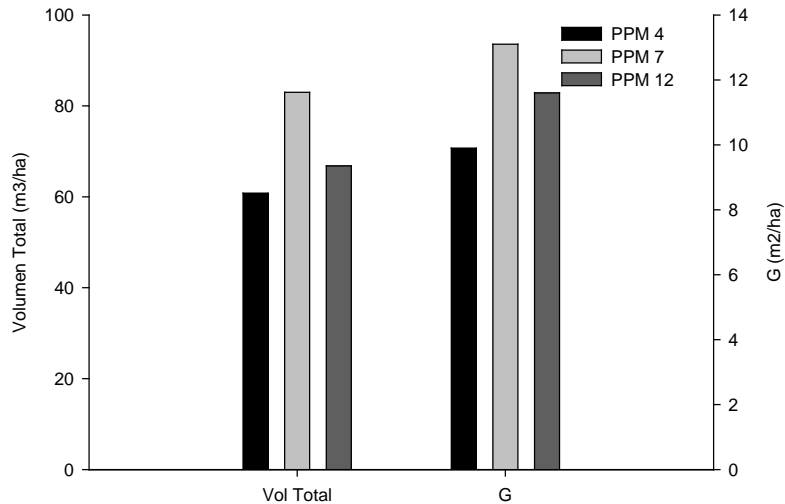


Figura 41. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 15, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.3.5.2 Productividad y crecimiento por especie

Dentro del sistema, la especie que aportó la mayor productividad en volumen total fue *H. alchorneoides* (68.2 m³/ha) con 549 árb/ha. En cambio, *A. hunsteini* aportó tan solo 2.0 m³/ha con 149 árb/ha. El G para *H. alchorneoides* fue de 11.0 m²/ha y para *A. hunsteini* de 0.5 m²/ha. *H. alchorneoides* (DAP 15.9 cm y HT 12.4 m) ocupó el estrato superior, mientras que *A. hunsteini* (DAP 5.6 cm y HT 3.6 m) el estrato inferior (Cuadro 36).

Cuadro 36. Productividad y crecimiento del sistema N° 15 por especies, a los 7.3 años de edad, de 3 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%			Ha	%
<i>H. alchorneoides</i>	68.2	97.2	11.0	95.7	15.9	12.4	549	78.7
<i>A. hunsteini</i>	2.0	2.8	0.5	4.3	5.6	3.6	149	21.3
TOTAL	70.2	100	11.5				698	100

4.2.3.5.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El monitoreo del sistema N° 15 empezó en el año 2.2 hasta el 7.3 reportando un IMA-VOL entre 0.4 a 9.6 m³/ha/año, el IMA-G fue de 0.5 a 1.6 m²/ha/año, el IMA-HT estuvo de 0.5 a 1.1 m y el IMA-DAP fue de 1.5 a 2.1 cm (Figura 42).

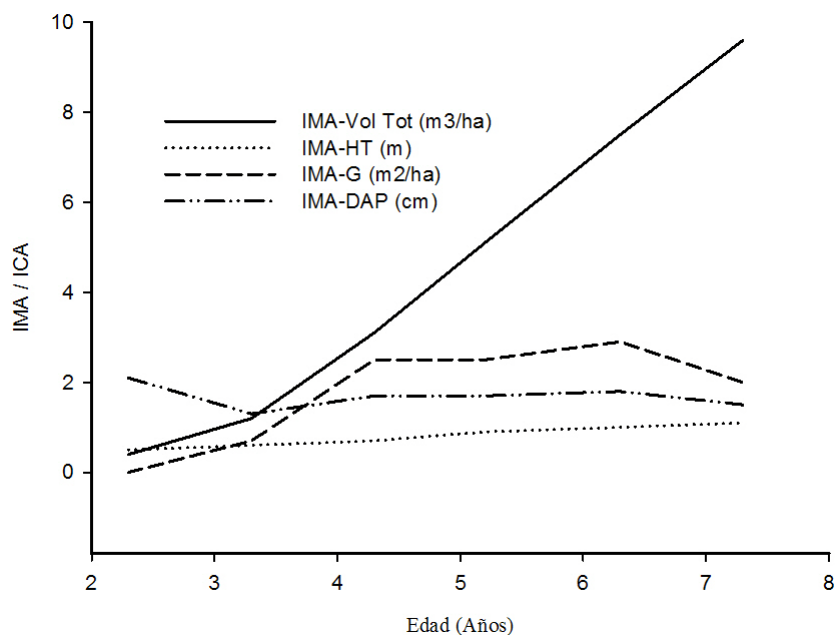


Figura 42. Curvas de incremento medio anual el para sistema N° 15 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.

En lo que respecta al IMA-VOL por especie, fue *H. alchorneoides* (1.1 a 9.3 m³/ha/año), quien reportó el más alto incremento, mientras que *A. hunsteini* (0.1 a 0.3 m³/ha/año) tuvo un IMA-VOL muy bajo a partir de los 2.2 a los 7.3 años de edad (Figura 43).

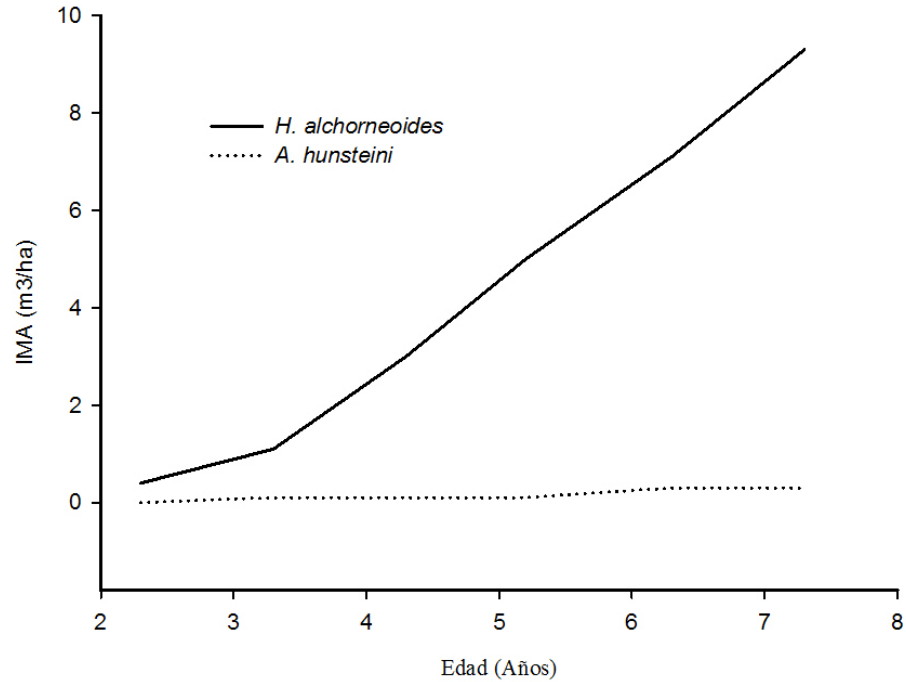


Figura 43. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 15 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.

4.2.3.6 Sistema N° 16 ‘Cmeec’ con *D. panamensis* en Las Delicias

4.2.3.6.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

El sistema N° 16 está compuesto por dos especies; *D. panamensis* y *A. hunsteini*, y tiene 4 PPM, las mismas que presentan un volumen total de 21.6 a 41.4 m³/ha y el G estuvo en 4.8 a 7.6 m²/ha con 907 árb/ha a los 7.3 años de edad (Figura 44).

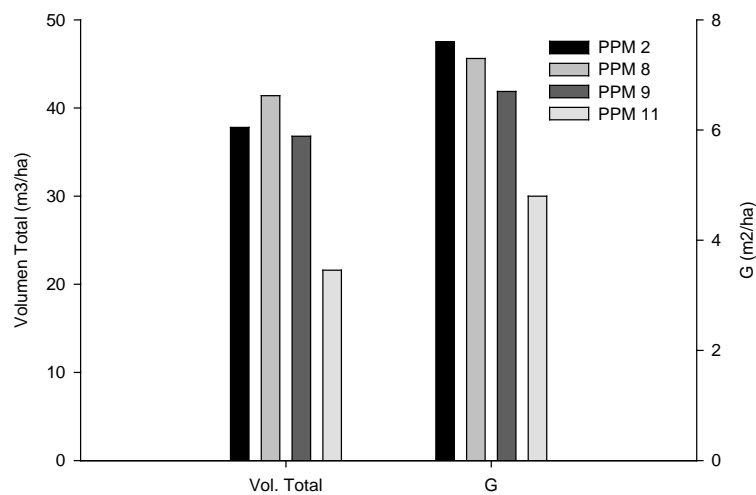


Figura 44. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 16, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.3.6.2 Productividad y crecimiento por especie

D. panamensis (29.2 m³/ha) con 544 árb/ha fue la especie que aportó mayor productividad al sistema. En cambio, el aporte de *A. hunsteini* (6.3 m³/ha) con 364 árb/ha fue bajo. El G para *D. panamensis* fue de 4.9 m²/ha y ocupó el estrato superior (DAP 13.1 cm y HT 12.2) y para *A. hunsteini* de 1.9 m²/ha, en un estrato inferior (DAP 6.4 cm y HT 4.7 m) (Cuadro 37).

Cuadro 37. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 16 por especies, a los 7.3 años de edad, de 4 PPM, en Las Delicias.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%			ha	%
<i>D. panamensis</i>	29.2	82.3	4.9	72.1	13.1	12.2	544	59.9
<i>A. hunsteini</i>	6.3	17.7	1.9	27.9	6.4	4.7	364	40.1
TOTAL	35.4	100	6.8	100			907	100

4.2.3.6.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 16 presentó un IMA-VOL de 0.7 a 4.7 m³/ha/año desde los 2.2 hasta los 7.3 años de edad. El IMA-G estuvo en 0.5 a 0.9 m³/ha/año, el IMA-HT en 0.8 a 1.2 m y el IMA-DAP en 1.3 a 1.7 cm (Figura 45).

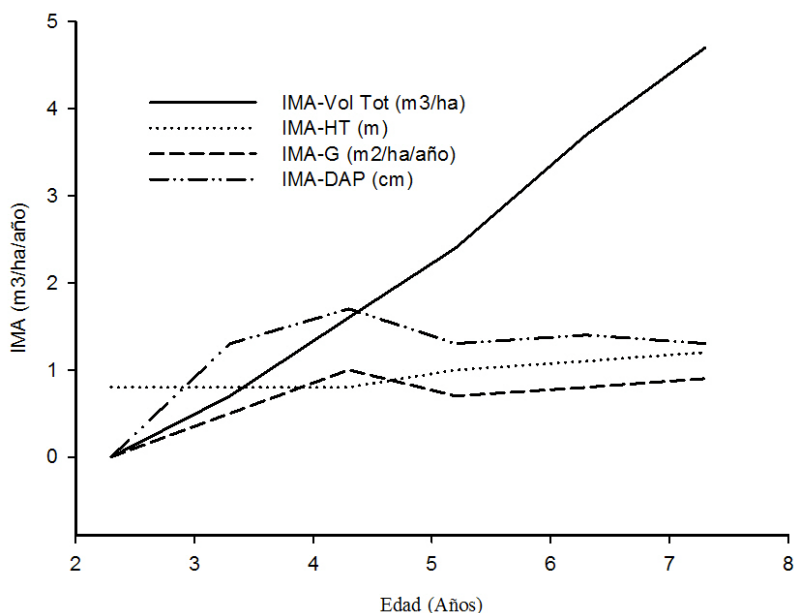


Figura 45. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 16 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.

El IMA-VOL para *D. panamensis* osciló de 0.5 a 3.9 m³/ha/año y para *A. hunsteini* de 0.2 a 0.8 m³/ha/año desde los 2.2 hasta los 7.3 años de edad (Figura 46).

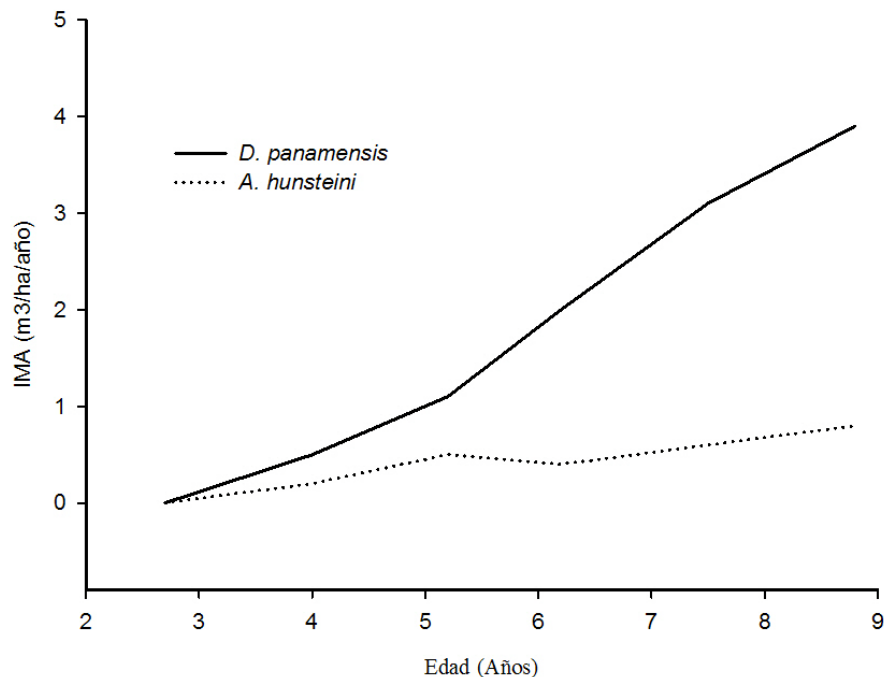


Figura 46. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 16 desde el año 2.2 al 7.3 en Las Delicias.

4.2.3.7 Sistema N° 17 ‘SFT³’ con *A. hunsteini* en Turrialba

4.2.3.7.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema cuenta con dos especies; *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, y las 3 primeras PPM se instalaron en el año 2008. Este sistema tuvo una productividad en volumen de 3.0 a 4.5 m³/ha y el G fue de 1.7 a 2.1 m²/ha con 1,041 árb/ha a los 2.5 años de edad. (Figura 47).

³ TSF: Tournon, Superior Nut y Cactu, donantes

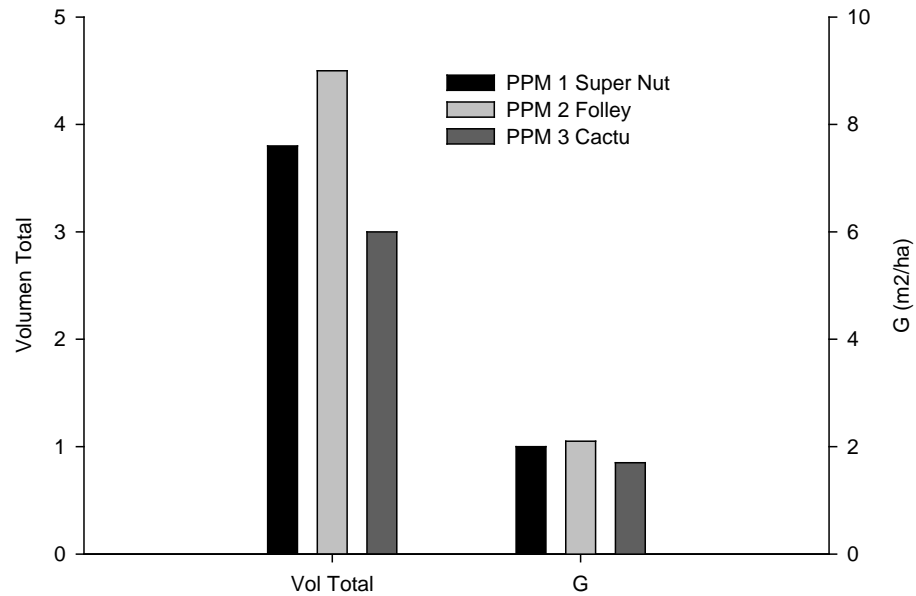


Figura 47. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 17, a los 7.3 años de edad, sitio Las Delicias.

4.2.3.7.2 Productividad y crecimiento por especie

A. hunsteini (2.2 m³/ha) con 839 árb/ha fue la especie que más aportó al sistema en volumen total, al igual que *S. macrophylla* (1.5 m³/ha) con 201 árb/ha. El G que reportó *A. hunsteini* fue de 1.4 m²/ha y el de *S. macrophylla* fue de 0.6 m²/ha. Sin embargo, el mayor crecimiento lo alcanzó *S. macrophylla* (DAP 5.8 cm y HT 5.3 m) en comparación con *A. hunsteini* (DAP 4.6 cm y HT 3.2 m) (Cuadro 38).

Cuadro 38. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 17 por especies, a los 2.5 años de edad, de 3 PPM, en Turrialba.

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%			ha	%
<i>A. hunsteini</i>	2.2	59.4	1.4	70	4.6	3.2	839	80.1
<i>S. macrophylla</i>	1.5	40.5	0.6	30	5.8	5.3	201	19.9
TOTAL	3.7	100	2.0	100			1041	100

4.2.3.8 Sistema N° 18 ‘Km 42’ con *P. tecunumanii* en Pavones

4.2.3.8.1 Promedios de productividad y crecimiento total por sistema

Este sistema cuenta con dos especies; *P. tecunumanii* y *A. hunsteini*, y fue establecido en el sitio Pavones. Tiene 2 PPM la primera establecida en el 2003 y la segunda en el 2008, tiene una edad de 6.4 años. La productividad en volumen total de este sistema fue de 44.7 a 61.2 m³/ha y el G estuvo en 11.6 a 14.6 m²/ha con 709 árb/ha a los 6.4 años de edad (Figura 48).

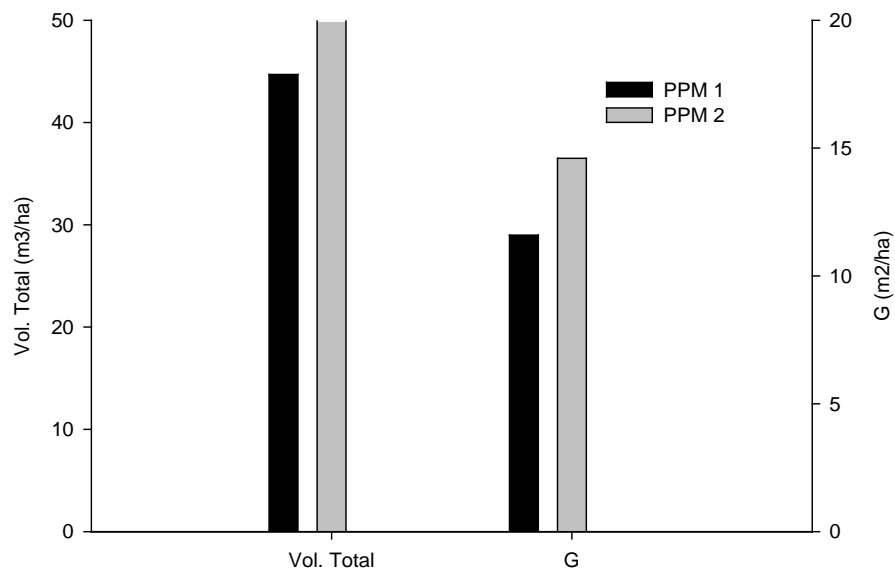


Figura 48. Rendimiento en volumen total y área basal del sistema N° 18, a los 6.4 años de edad, sitio Pavones..

4.2.3.8.2 Productividad y crecimiento por especie

La especie *P. tecunumanii* (43.2 m³/ha) con 484 árb/ha proporcionó casi la totalidad del volumen total a los 6.4 años de edad, mientras que *A. hunsteini* (9.8 m³/ha) con 225 árb/ha fue bajo. El G estuvo en 10.5 m²/ha para *P. tecunumanii* y en 2.5 m²/ha para *A. hunsteini*. El más alto crecimiento lo reportó *P. tecunumanii* (DAP 16.6 cm y HT 8.6 m) y *A. hunsteini* (DAP 11.8 y HT 7.6 m) se ubicó en el estrato inferior (Cuadro 39).

Cuadro 39. Promedios de productividad y crecimiento del sistema N° 18 por especies, a los 6.4 años de edad, de 3 PPM, en Pavones

Especies	Volumen total		Área basal		DAP	HT	N° de árboles	
	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	cm	m	ha	%
<i>P. tecunumanii</i>	43.2	81.5	10.6	80.9	16.6	8.6	484	68.2
<i>A. hunsteini</i>	9.8	18.5	2.5	19.1	11.8	7.6	225	31.7
TOTAL	53.0	100	13.1	100			709	100

4.2.3.8.3 Productividad y crecimiento en el tiempo por sistema y especies

El sistema N° 18 presentó un IMA-VOL de 4.2 a 8.3 m³/ha/año a partir de los 1.1 a los 6.4 años de edad. El IMA-G estuvo en 1.4 a 2.0 m³/ha/año, el IMA-HT en 0.9 a 1.3 m y el IMA-DAP en 1.9 a 12.2 cm (Figura 49).

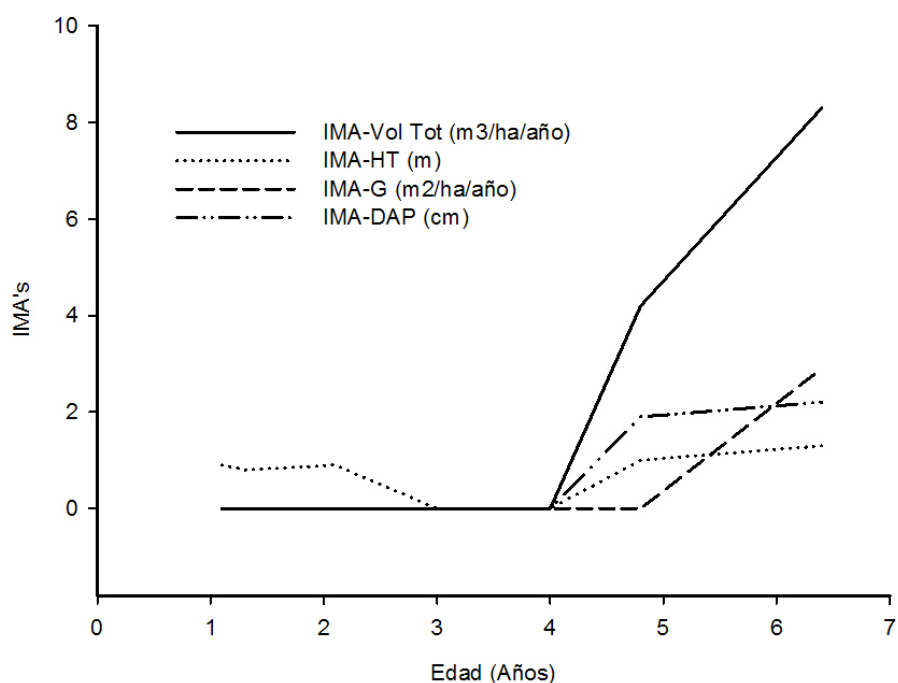


Figura 49. Curvas de incremento medio anual para el sistema N° 18 desde el año 1.1 al 6.4 en Las Delicias.

En cuanto al IMA-VOL por especie, fue *P. tecunumanii* (4.0 a 6.7 m³/ha/año) quien reportó el mayor incremento, mientras que el más bajo fue para *A. hunsteini* (0.2 a 1.5 m³/ha/año) a partir de los 1.1 hasta los 6.4 años de edad (Figura 50).

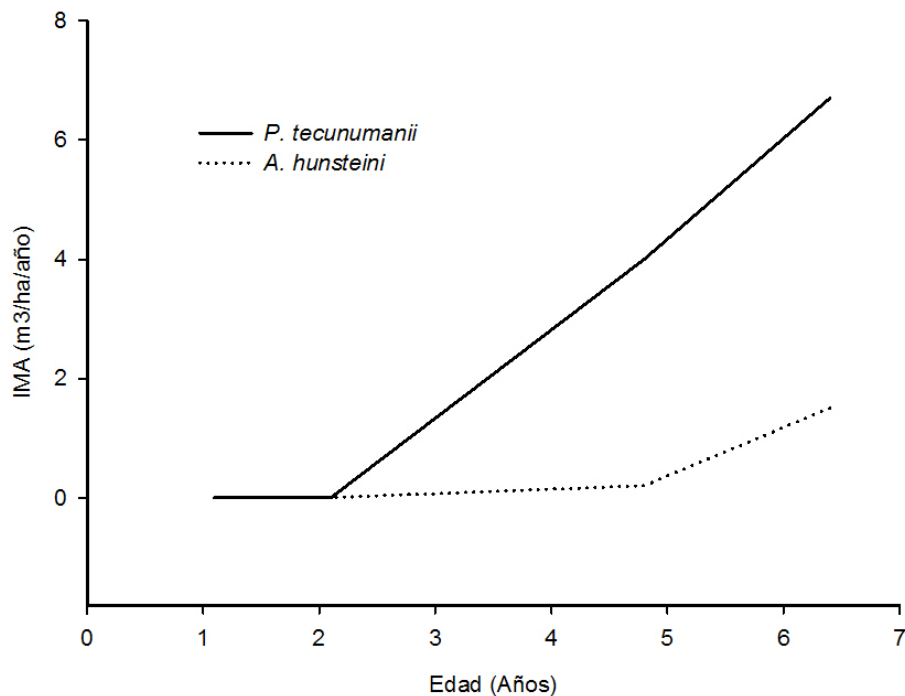


Figura 50. Curvas de incremento medio anual por especie del sistema N° 18 desde el año 1.1 al 6.4 en Las Delicias.

4.3 Raleos

Los resultados de esta sección son simulados y se describen solamente para los sistemas que reportaron productividad en volumen comercial en troza, es decir, diámetro mínimo superior a 22 cm, los demás sistemas se pueden observar en el Anexo 14.

4.3.1 Grupo A. Las Delicias y El CATIE con el lote 'Mohegan' con 4 especies

4.3.1.1 Raleos del sistema N° 1 'Mohegan' con *V. guatemalensis* en Las Delicias

La especie potencialmente maderable fue *V. guatemalensis* con 126.0 m³/ha de volumen total y de este volumen solamente 43.5 m³/ha serían aprovechables en caso de realizar un aprovechamiento total. Ahora bien, el volumen arrojado solamente por raleo de esta misma especie fue 32.9 m³/ha, sin embargo, de éste volumen únicamente 8 m³/ha fue considerando comercial con potencial para producción de tarima.

Fue *E. deglupta* especie que reportó un volumen por cosecha actual (suponiendo una corta total a esta edad) de 13.2 m³/ha, sin volumen por raleo ni volumen comercial por troza,

por ser una especie reservada para aprovechar al final de su turno y poder proveer de recursos económicos al finquero. Las otras dos especies; *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, ocuparon un estrato inferior con un crecimiento suprimido, por consiguiente no tienen producción en volumen comercial. A continuación detallan los valores y porcentajes para cada especie (Cuadro 40).

Cuadro 40. Productividad por raleos del sistema N° 1, a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual*		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	126.0	76.3	43.5	76.7	32.9	26.1	8.0	100
<i>E. deglupta</i>	36.6	22.2	13.2	23.2	0.0	0.0	0.0	--
<i>A. hunsteini</i>	1.4	0.9	0.0	0.0	0.1	4.6	0.0	--
<i>S. macrophylla</i>	0.7	0.4	0.0	0.0	0.1	12.5	0.0	--
Total	164.8	100	56.69	100	33.02	20.1	8.0	100

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.3.1.2 Raleos del sistema N° 2 ‘Mohegan’ con *H. alchorneoides* en Las Delicias

Para este sistema, la intensidad total de raleo fue de 18.7 % de un total de 79.2 m³/ha y la especie con más volumen a ralear fue *H. alchorneoides* con 13.8 m³/ha. *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla* reportaron valores inferiores a 0.5 m³/ha por raleo. Por otro lado, el volumen comercial aserrable lo reportó únicamente *E. deglupta*, es decir, fue solamente ésta especie la que cumplió con las características adecuadas para aserrío, sin embargo su productividad fue baja (9.6 m³/ha) por el poco número de árboles por hectárea que tiene ésta especie (Cuadro 41).

Cuadro 41. Productividad por raleos del sistema N° 2, a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual *		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>H. alchorneoides</i>	52.5	66.2	0.0	0.0	13.8	26.4	0.0	0.0
<i>E. deglupta</i>	20.4	25.7	9.68	100.0	0.5	2.2	0.0	0.0
<i>A. hunsteini</i>	5.6	7.1	0.0	0.0	0.43	5.1	0.0	0.0
<i>S. macrophylla</i>	0.8	1.0	0.0	0.0	0.01	2.8	0.0	0.0
Total	79.2	100.0	9.68	100	14.8	18.7	0.0	0.0

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.3.1.3 Raleos del sistema N° 3 ‘Mohegan’ con *D. panamensis* en Las Delicias

Para el sistema N° 3, la intensidad total de raleo propuesta en volumen comercial resultó en 24.0% de un total de 59.6 m³/ha, la especie con más alto volumen a ralear fue *D. panamensis* con 10.6 m³/ha (17.8%). Para *E. deglupta*, la intensidad de raleo fue de 4.5 % que equivales a 2.7 m³/ha. *A. hunsteini* y *S. macrophylla* reportaron valores muy bajos por raleos 0.9 a 0.1 m³/ha respectivamente.

En cuanto al volumen comercial, fue *E. deglupta* la única especie que cumplió con los parámetros antes señalados, obteniendo un volumen comercial por raleo de 25.1 m³/ha que representó el 100% (Cuadro 42).

Cuadro 42. Productividad por raleos del sistema N° 3 a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual *		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>A. hunsteini</i>	8.6	14.4	0.0	0.0	0.9	1.5	0.0	0.0
<i>E. deglupta</i>	25.6	43.0	25.1	42.1	2.7	4.5	0.0	0.0
<i>S. macrophylla</i>	1.0	1.7	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
<i>D. panamensis</i>	24.4	40.9	0.0	0.0	10.6	17.8	0.0	0.0
Total	59.6	100.0	25.1	42.1	14.2	23.9	0.0	0.0

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.3.2 Grupo B. Las Delicias y El CATIE con los lotes ‘Mohegan’ y ‘26 donantes’

4.3.2.1 Sistema N° 8 ‘Mohegan’ con *A. hunsteini* en Las Delicias

De las tres especies que conforman este sistema, *A. hunsteini* reportó 1.4 m³/ha y *S. macrophylla* 0.2 m³/ha de volumen comercial por raleo y la intensidad fue muy baja por espacios claros que ya tiene el sistema y no ameritaba abrir más el dosel. Por otro lado, para volumen comercial por cosecha actual solamente *E. deglupta* reportó individuos, aunque las otras dos especies su productividad aún es nula (Cuadro 43).

Cuadro 43. Productividad por raleos del sistema N° 8 a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual *		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>E. deglupta</i>	54.2	64.5	11.9	100	0.0	0.0	--	--
<i>A. hunsteini</i>	27.7	34.6	0.0	--	1.4	5.1	--	--
<i>S. macrophylla</i>	0.6	1.0	0.0	--	0.2	31.7	--	--
Total	82.6	100	11.9	100	1.6	2.0	--	--

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.3.2.2 Sistema N° 10 ‘26 donantes’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

El raleo propuesto para este sistema tuvo una intensidad de 21.3% que en volumen total reportó de 213.9 m³/ha para todo el sistema. De este valor, 102.5 m³/ha correspondieron a *V. guatemalensis* por cosecha actual, en cambio, *H. alchorneoides* arrojó 4.5 m³/ha y *A. hunsteini* no reportó ningún valor. En cuanto al volumen solamente por raleos (incluye comercial y no comercial), *V. guatemalensis* obtuvo 27.8 m³/ha, seguido de *H. alchorneoides* 16.2 m³/ha y *A. hunsteini* igualmente no reportó valor por ser una especie que se espera favorecer con el raleo.

Ahora del volumen comercial por raleo, *V. guatemalensis* la especie que reportó la mayor productividad 15.1 m³/ha, seguido de *H. alchorneoides* con 1.4 m³/ha. En cambio, la tercera especie no reportó ningún valor (Cuadro 44).

Cuadro 44. Productividad por raleos del sistema N° 10 a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual *		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	140.6	65.7	102.5	98.8	27.8	19.8	15.1	91.5
<i>H. alchorneoides</i>	67.7	31.6	4.5	4.2	16.2	23.9	1.4	8.5
<i>A. hunsteini</i>	5.7	2.7	0.0	0.0	1.5	26.0	0.0	0.0
Total	213.9	100	107.0	100	45.5	21.3	16.5	100

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.3.3 Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’ y ‘Cmeec’, con 2 especies

4.3.3.1 Sistema N° 11 ‘Con Col’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

En el sistema N° 11, la producción por cosecha actual será proporcionada en su totalidad por *V. guatemalensis* con 128.5 m³/ha. Sin embargo, de este volumen solo se raleará 69.4 m³/ha y de éste solo 25.8 m³/ha es volumen comercial (Cuadro 45).

Cuadro 45. Productividad por raleos del sistema N° 11 a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual *		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	280.1	98.2	128.5	100	69.4	100	25.8	100
<i>A. hunsteini</i>	5.0	1.8	--	--	--	--	--	--
Total	285.1	100	128.5	100	69.4	24.3	25.8	100

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.3.3.2 Sistema N° 14 ‘Cmeec’ con *V. guatemalensis* en Las Delicias

En el sistema N° 14, la única especie comercial para raleos fue *V. guatemalensis* con 132.7 m³/ha por volumen comercial de cosecha actual, de éste volumen se va a ralear 65.3 m³/ha que corresponden al volumen total por raleos, y de éste solamente el 27.8 m³/ha es volumen comercial (Cuadro 46).

Cuadro 46. Productividad por raleos del sistema N° 14a los 5.8 años de edad en Las Delicias.

Especies	Vol. Tot./ha (MiraSil)		Vol. Com. por cosecha actual*		Vol. Tot. Raleos en pie (MiraSil)		Vol.Com. de raleo por troza	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
<i>V. guatemalensis</i>	286.2	99.5	132.7	100	65.3	98.5	27.8	100
<i>A. hunsteini</i>	1.4	0.5	0.0	--	1.4	100	0.0	--
Total	287.6	100	132.7	--	66.8	23.2	27.8	--

* Suponiendo una corta total a esta edad.

4.4 Estimación de carbono en sistemas mixtos de plantaciones

A continuación se presenta los resultados de carbono, obtenidos para el fuste de los árboles a través de la densidad de la madera y de un valor de fijación de carbono de 0.45.

4.4.1 Grupo A. Las Delicias y El CATIE con el lote ‘Mohegan’, con 4 especies

Los sistemas que más fijaron carbono en el sitio Las Delicias fueron; a) el sistema N° 1 (*V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*) con 37.1 tn/ha y un IMA de 6.6 tn/ha/año a los 5.8 años de edad, y b) el sistema N° 2 (especie principal *H. alchorneoides* igualmente combinado con las mismas especies del sistema anterior) con 17.8 tn/ha y un IMA de 3.1 tn/ha/año a los 5.8 años de edad. En cambio el sistemas de más baja productividad fue el sistema N° 3 (*D. panamensis*, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*) con 13.4 tn/ha y un IMA de 2.3 tn/ha/año a la edad de 5.8 años.

Por otro lado, los sistemas mixtos de cuatro especies establecidas en El CATIE, reportaron muy baja productividad en comparación con Las Delicias. Sin embargo, el sistema que más sobresale fue el sistema N° 4 (15.6 tn/ha) con *V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla* a la edad de 5.8 años, en cambio los sistemas N° 5 (*H. alchorneoides*), N° 6 (*D. panamensis*) y N° 7 (*P. tecunumanii*) reportaron productividades muy bajas (5.0, 3.2, 2.1 tn/ha respectivamente) con 5.8 años de edad.

En lo referente a la productividad en plantaciones puras, la especie *V. guatemalensis* (71.0 th/ha) reportó la más alta productividad a los 7.3 años de edad en el sitio Las Delicias. En cambio, el monocultivo de *H. alchorneoides* (21.3 tn/ha) ubicado en este mismo sitio reportó una productividad intermedia a los 7.3 años. Los monocultivos de *D. panamensis*

(1.0 th/ha) reportaron muy baja productividad a los 6.9 años de edad, esto debido posiblemente a problemas de manejo de esta plantación y suelos, ya que el otro sistema puro de *S. macrophylla* registró 3.0 tn/ha a los 4.7 años de edad (Figura 51).

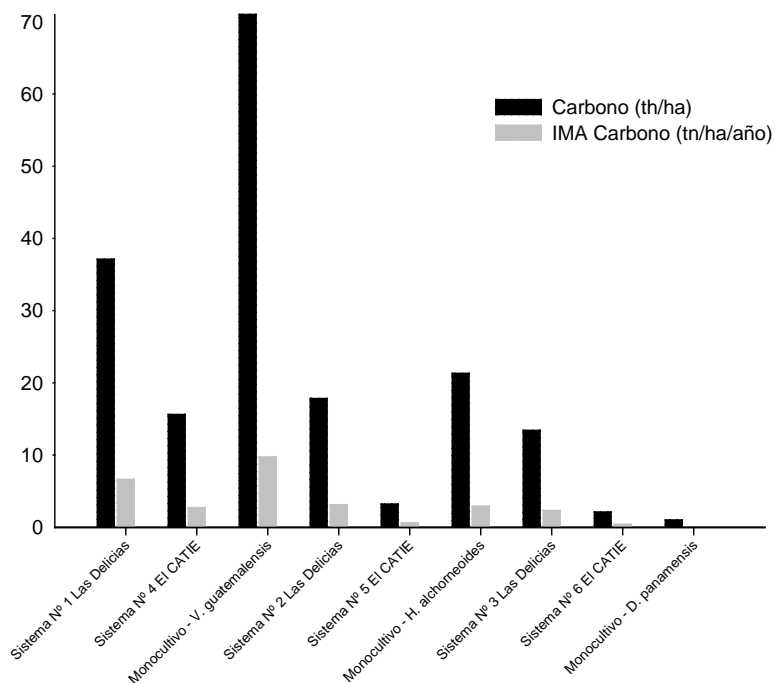


Figura 51 Estimación de carbono por sistema del grupo A. a los 5.8 años de edad y por monocultivos.

4.4.2 Grupo B. Las Delicias y El CATIE con los lotes ‘Mohegan’ y ‘26 donantes’, con 3 especies

En el grupo B, el sistema que alcanzó la mayor productividad en carbono fue el sistema Nº 10 (lote 26 donantes) con 48.1 tn/ha a los 9 años de edad con las especies *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* y *A. hunsteini*. Por otro lado, una producción intermedia registró el sistema Nº 8 (Las Delicias) con 18.6 tn/ha, mientras que el sistema de baja productividad fue el sistema Nº 9 (El CATIE) con 1.6 tn/ha, los dos últimos sistemas con las especies *A. hunsteini*, *E. deglupta* y *S. macrophylla* a los 5.8 años de edad (Figura 52).

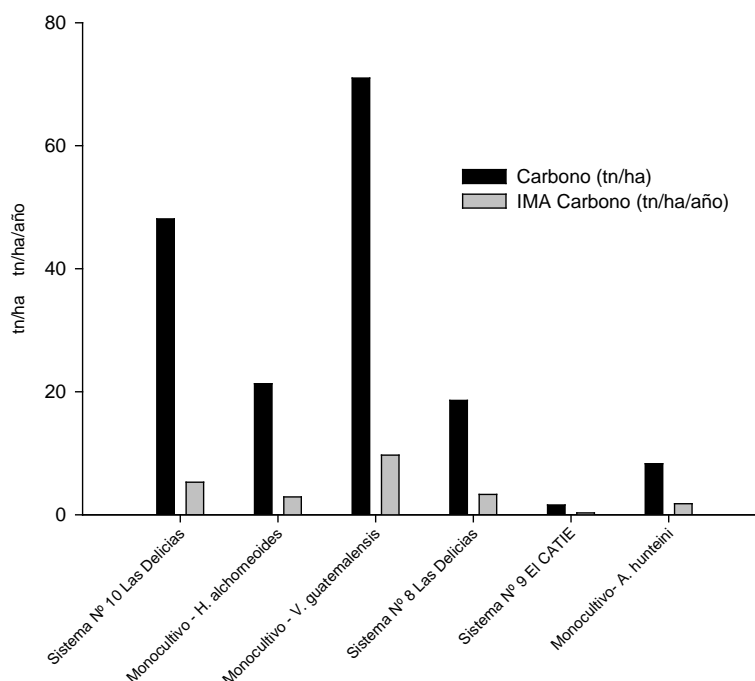


Figura 52. Estimación de carbono por sistema del grupo B. a los 5.8 y 7.3 años de edad y monocultivos.

4.4.3 Grupo C. Las Delicias con los lotes ‘Con Col’ y ‘Cmeec’

Los lotes *Con Col* y *Cmeec* reportaron valores muy similares de productividad en carbono. Los valores más altos fueron para el sistemas N° 11 y N° 14 (*V. guatemalensis* con *A. humsteini*) con 64.1 a 64.7 tn/ha respectivamente para cada sistema. Los IMA’s oscilaron en 8.7 a 8.8 tn/ha/año. Los demás sistemas (N° 12 13 en *Con Col* y N° 15, 16 en *Cmeec*) no superan las 17 tn/ha. Se reportan los mismos resultados para plantaciones puras descritas anteriormente (Figura 53).

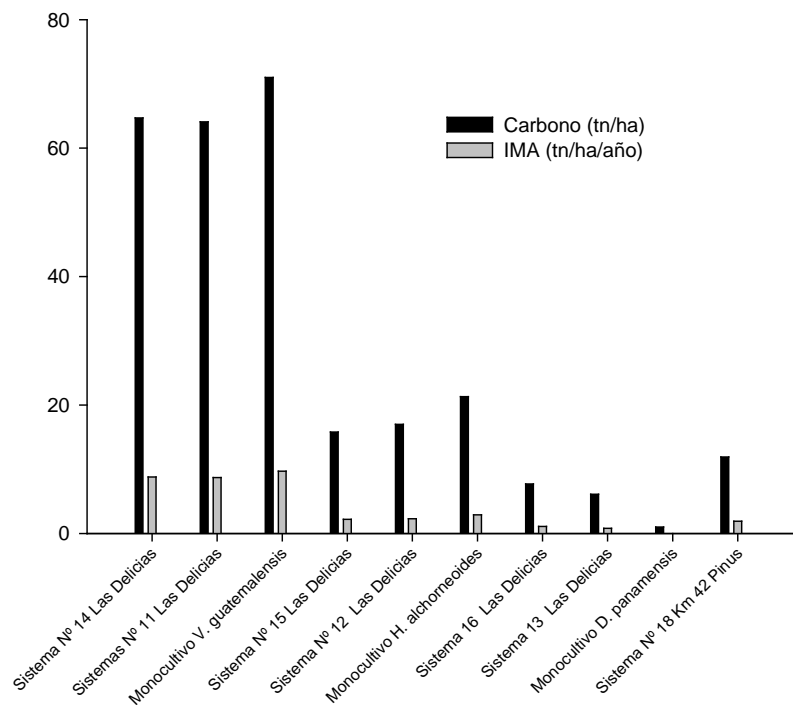


Figura 53 Estimación de carbono por sistema del grupo C, edades en años 7.3 (Nº11-16), 2.5 (Nº17) y 6.4 (Nº18) y monocultivos.

4.5 Muestreo exploratorio de suelos en las Delicias y El CATIE

En esta sección, se presentan los principales elementos analizados en el muestreo exploratorio de suelo en los sitios Las Delicias y El CATIE (Anexos 6 al 9). Además, se incluye el muestreo de suelos para cinco especies en plantaciones puras. La descripción de los resultados se efectuó de acuerdo a la guía para la interpretación de análisis de suelo utilizada por El CATIE y por Henríquez et ál. (2005).

4.5.1 Sitio Las Delicias

En la **parte alta** de Las Delicias (pendientes > 30 grados), los suelos tuvieron una textura de franco arenoso a arenoso franco (arena 76.6%, limo 15.6% y arcilla 7.9%), como se observa las concentraciones de arcilla son muy bajas. El pH fue menos de 4.20 y las concentraciones de potasio entre 0.06 a 0.01 $\text{cmol}_{(+)}/\text{l}$. Y estos datos están directamente proporcionales a la profundidad del suelo.

El fósforo en la **parte alta** en el horizonte A (0 – 20 cm) fue de deficiente a crítico (2.90 mg/l). En cambio, los horizontes B (20 – 40 cm) y C (40 – 60 cm) fueron solamente deficientes (1.20 mg/l). El porcentaje de carbono (4.60 a 1.98%) y el de la materia orgánica (7.93 a 3.41%) estuvieron en un nivel crítico. De acuerdo al análisis de laboratorio, la acidez de suelo (0.86 cmol+/l) fue media y disminuye conforme se profundiza en el perfil del suelo. El Ca y Mg fueron bajos (0.13 y 0.09 cmol(+)/l) de 20 a 40 cm de profundidad (Cuadro 47).

En la **parte media** de Las Delicias (pendiente de 20 a 30 grados), la concentraciones de pH (4.98 a 4.96) fueron bajas, el potasio (0.03 a 0.01 cmol(+)/l) fue deficiente, al igual que el fósforo (1.50 a 1.90 mg/l), el calcio (0.08 a 0.07 cmol(+)/l) y magnesio (0.07 a 0.05 cmol(+)/l). El porcentaje de carbono fue inferior con respecto a la parte alta (2.83 a 1.74%), y la materia orgánica fue deficiente ó baja (4.88 a 3.00%), el aluminio extraíble fue deficiente y a más profundidad éste valor disminuye. La acidez del suelo fue baja (0.19 cmol(+)/l) en el primer horizonte y disminuye su valor conforme se cambia de horizonte (Cuadro 47)

En la **parte baja** (pendiente de 0 a 20 grados), el pH tuvo valores medios (5.38 a 5.88) y el potasio (0.06 a 0.02 cmol(+)/l) fue deficiente, mientras que el fósforo fue de deficiente (bajo) a crítico (medio) y osciló de 1.40 a 5.70 mg/l. El calcio y magnesio fueron medios o con un nivel crítico (1.24 y 0.74 cmol(+)/l) de 0 a 20 cm de profundidad. Los porcentajes de carbono fueron medios de 7.50 a 3.98%, al igual que la materia orgánica 3.0 a 6.86%. La acidez del suelo fue baja con 0.18 cmol(+)/l en el horizonte A (Cuadro 47).

Cuadro 47. Muestreo exploratorio de suelos en el sitio Las Delicias (a=alta; m= media; b= baja).

Pendiente	Sistema	Profund. (cm)	pH (H ₂ O)	Acidez	Mg			P mg/l	Carbono (%)	MO (%)	Textura
					K cmol(+)/l	Ca	Mg				
Alta	Sistema N° 3 Mohegan <i>D. panamensis</i>	0-20	4.42 ^b	0.86 ^m	0.06 ^b	0.13 ^b	0.09 ^b	2.90 ^b	4.60	7.93 ^m	Franco arenoso
		20-40	4.81 ^b	0.24 ^b	0.03 ^b	0.17 ^b	0.09 ^b	1.20 ^b	2.90	5.00 ^b	Arenoso franco
		40-60	4.93 ^b	0.07 ^b	0.01 ^b	0.10 ^b	0.08 ^b	1.20 ^b	1.98	3.41 ^b	Franco arenoso
Media	Sistema N° 2 Mohegan <i>H. alchorneoides</i>	0-20	4.98 ^b	0.19 ^b	0.03 ^b	0.08 ^b	0.07 ^b	1.50 ^b	2.83	4.88 ^b	Arenoso franco
		20-40	4.98 ^b	0.10 ^b	0.02 ^b	0.08 ^b	0.08 ^b	1.90 ^b	2.39	4.12 ^b	Arenoso franco
		40-60	4.96 ^b	0.06 ^b	0.01 ^b	0.07 ^b	0.05 ^b	1.50 ^b	1.74	3.00 ^b	Franco arenoso
Baja	Sistema N° 1 Mohegan <i>V. guatemalensis</i>	0-20	5.38 ^m	0.41 ^m	0.06 ^b	1.24 ^m	0.74 ^m	1.40 ^b	7.50	5.20 ^b	Arenoso franco
		20-40	5.56 ^m	0.18 ^b	0.02 ^b	0.50 ^b	0.20 ^m	1.80 ^b	4.78	3.13 ^b	Arenoso franco
		40-60	5.88 ^m	0.10 ^b	0.02 ^b	0.35 ^b	0.10 ^m	5.70 ^m	3.98	1.63 ^b	Arenoso franco

4.5.2 Sitio El CATIE

Para el sitio El CATIE, el muestreo exploratorio fue dividido por subsitios para ajustarse al presupuesto. En los subsitios *Ángel* y *Mulas*, por encontrarse contiguos los nutrientes estuvieron relacionados, es así que el pH para ambos subsitios fue de bajo a medio (5.34 y 5.73) en el primer horizonte, y aumenta a mayor profundidad del suelo. El potasio en ambos subsitios fue bajo o deficiente (0.11 a 0.16 cmol(+)/l), no así, el calcio (5.53 y 7.79 cmol(+)/l) con el magnesio (1.22 a 1.21 cmol(+)/l) que por lo general disminuyeron de acuerdo a la profundidad, a igual manera que el fósforo (5.3 a 4.2 mg/l). En los dos subsitios *Ángel* y *Mulas*, el porcentaje de carbono (3.47 a 2.39%) y materia orgánica (5.98 a 4.12%) se encontraron en un nivel bajo. En cambio, la acidez del suelo fue media (0.77 cmol(+)/l) en el subsitio *Ángel* y baja (0.26 cmol(+)/l) en el subsitio *Mulas*, y disminuye conforme profundiza el perfil del suelo (Cuadro 48).

En el subsitio *San Juan Sur*, el valor del pH para el horizonte A del suelo fue medio (5.63). El potasio fue deficiente (bajo) con 0.39 cmol(+)/l y disminuye de acuerdo a la profundidad del suelo, de la misma manera que el fósforo (5.2 mg/l), mientras que, el calcio y magnesio reportaron valores medio (3.83 y 1.57 cmol(+)/l). Los porcentajes de carbono fueron medios (8.95%), mientras que la materia orgánica fue de media a alta (15.43%), la acidez del suelo media con 0.36 cmol(+)/l en el horizonte A (Cuadro 48).

Cuadro 48. Muestreo exploratorio de suelos en el sitio El CATIE, (a=alta; m= media; b= baja).

Subsitio	Sistema	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	Acidez	K	Ca	Mg	P mg/l	Carbono (%)	MO (%)	Textura
				cmol(+)/l							
Ángel	Sistema N° 5 Mohegan D. panamensis	0-20	5.34 ^b	0.77 ^m	0.11 ^b	5.53 ^m	1.22 ^m	5.3 ^m	3.47	5.98 ^b	Franco
		20-40	5.84 ^m	0.12 ^b	0.04 ^b	9.23 ^m	1.77 ^m	2.4 ^b	3.41	5.88 ^b	Franco arcilloso
		40-60	6.28 ^a	0.07 ^b	0.04 ^b	7.08 ^m	1.55 ^m	3.1 ^b	1.10	1.90 ^b	Arcilloso
Mulas	Sistema N° 4 Mohegan V. guatemalensis	0-20	5.73 ^m	0.26 ^b	0.16 ^b	7.79 ^m	1.21 ^m	4.2 ^b	2.39	4.12 ^b	Franco arcilloso
		20-40	6.19 ^m	0.08 ^b	0.06 ^b	7.11 ^m	1.32 ^m	3.8 ^b	0.91	1.57 ^b	Arcilloso
		40-60	6.30 ^a	0.08 ^b	0.06 ^b	6.43 ^m	2.12 ^m	2.9 ^b	0.65	1.11 ^b	Arcilloso
San Juan Sur	Sistema N° 4 Mohegan V. guatemalensis	0-20	5.63 ^m	0.36 ^m	0.39 ^m	3.83 ^m	1.57 ^m	5.2 ^m	8.95	15.43 ^a	Franco arenoso
		20-40	5.56 ^m	0.62 ^m	0.29 ^b	0.77 ^b	0.27 ^b	1.7 ^b	6.95	11.98 ^m	Franco arenoso
		40-60	5.53 ^m	0.60 ^m	0.12 ^b	0.74 ^b	0.24 ^b	1.7 ^b	5.93	10.23 ^m	Franco arenoso

4.5.3 *Plantaciones puras*

Los análisis de suelos efectuados en plantaciones puras arrojaron para *V. guatemalensis* en los tres horizontes con un pH bajo (4.61 a 4.9), las concentraciones de potasio deficientes (0.06 a 0.01 cmol_{(+)/l}), el calcio mínimo (0.52 a 0.10 cmol_{(+)/l}), magnesio medio (0.23 a 0.10 cmol_{(+)/l}) y el fósforo de mínimo a medio (2.70 a 0.6 mg/l). Los porcentajes de carbono estuvieron entre 5.45 a 3.03% y la materia orgánica fue baja (9.40 a 5.22%).

Para la plantación forestal de *H. alchorneoides*, sus concentraciones para el horizonte A fueron en pH bajas (4.40), el potasio bajo (0.08 cmol_{(+)/l}), el calcio fue bajo (0.35 a 0.12 cmol_{(+)/l}), magnesio medio (0.27 a 0.09 cmol_{(+)/l}) y el fósforo bajo (3.10 mg/l) y reportaron valores deficientes. El carbono (7.5%) fue bajo, en cambio, la materia orgánica reportó un valor medio (12.93%) (Cuadro 49).

El monocultivo de la especie *A. hunsteini* reportó, en el horizonte A, un pH bajo (4.58) y un potasio deficiente (0.04 cmol_{(+)/l}), al igual que el fósforo (2.90 mg/l) y calcio (0.22 a 0.04 cmol_{(+)/l}), mientras que, el magnesio presentó un valor medio (0.10 cmol_{(+)/l}). El carbono estuvo en 5.27% y la materia orgánica baja en 9.09%. Estas tres plantaciones puras están ubicadas en el sitio Las Delicias (Cuadro 49).

Para las plantaciones forestales de *D. panamensis* y *S. macrophylla*, ubicadas en el sitio El CATIE, los resultados arrojaron concentraciones de pH bajos (5.47 y 5.16), el potasio deficiente (0.12 y 0.21 cmol_{(+)/l}), el calcio con un nivel crítico o medio (4.16 y 4.65 cmol_{(+)/l}), al igual que el magnesio (2.51 y 0.59 cmol_{(+)/l}), y el fósforo de bajo a medio (3.4 a 11.10 mg/l) respectivamente para *D. panamensis* y *S. macrophylla*. Los porcentajes de carbono fueron bajos y sus valores fueron muy similares (3.56%), así como la materia orgánica (6.13%) para ambas especies (Cuadro 49).

Cuadro 49. Muestreo exploratorio de suelos en plantaciones forestales puras, en Las Delicias y El CATIE.

Plantaciones Puras	Sitio	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	Acidez			Mg	P mg/l	Carbono (%)	MO (%)	Textura
				K	Ca	cmol+/l					
<i>V. guatemalensis</i>	Las Delicias	0-20	4.61 ^b	1.42 ^m	0.06 ^b	0.52 ^b	0.23 ^m	2.70 ^b	5.45	9.40 ^m	Franco arenoso
		20-40	4.72 ^b	0.65 ^m	0.02 ^b	0.14 ^b	0.05 ^b	0.60 ^b	3.54	6.10 ^m	Arenoso franco
		40-60	4.90 ^b	0.39 ^b	0.01 ^b	0.10 ^b	0.10 ^b	0.60 ^b	3.03	5.22 ^b	Arenoso franco
<i>H. alchorneoides</i>	Las Delicias	0-20	4.40 ^b	1.86 ^m	0.08 ^b	0.35 ^b	0.27 ^m	3.10 ^b	7.50	12.93 ^a	Arenoso franco
		20-40	4.61 ^b	0.79 ^m	0.03 ^b	0.15 ^b	0.11 ^m	0.90 ^b	4.78	8.24 ^m	Arenoso franco
		40-60	4.84 ^b	0.45 ^m	0.03 ^b	0.12 ^b	0.09 ^b	0.60 ^b	3.98	6.86 ^m	Franco arenoso
<i>A. hunsteini</i>	Las Delicias	0-20	4.58 ^b	1.18 ^m	0.04 ^b	0.22 ^b	0.10 ^m	2.90 ^b	5.27	9.09 ^m	Franco arenoso
		20-40	4.80 ^b	0.54 ^m	0.03 ^b	0.19 ^b	0.07 ^b	1.50 ^b	4.61	7.95 ^m	Arenoso franco
		40-60	4.92 ^b	0.52 ^m	0.03 ^b	0.22 ^b	0.08 ^b	1.20 ^b	4.68	8.07 ^m	Arenoso franco
<i>D. panamensis</i>	El CATIE	0-20	5.47 ^m	0.38 ^m	0.12 ^b	4.16 ^m	2.51 ^m	3.40 ^b	3.56	6.14 ^m	Franco arcill-aren
		20-40	5.55 ^m	0.36 ^m	0.22 ^m	3.40 ^m	1.90 ^m	3.50 ^b	2.23	3.85 ^b	Franco arcilloso
		40-60	5.50 ^m	0.43 ^m	0.04 ^b	2.64 ^m	1.81 ^m	3.30 ^b	1.16	1.99 ^b	Arcilloso
<i>S. macrophylla</i>	El CATIE	0-20	5.16 ^b	1.51 ^a	0.21 ^m	4.65 ^m	0.59 ^m	11.10 ^m	3.56	6.13 ^m	Franco arcil-aren
		20-40	5.57 ^m	0.76 ^m	0.21 ^m	4.78 ^m	0.81 ^m	7.30 ^m	2.71	4.68 ^b	Franco arcilloso
		40-60	5.59 ^m	0.72 ^m	0.35 ^m	5.02 ^m	1.06 ^m	9.20 ^m	1.51	2.61 ^b	Arcilloso

5 DISCUSIÓN

5.1 Productividad y crecimiento dentro de los sistemas mixtos

Los sistemas de plantaciones mixtas con el fin de comparar y facilitar la comprensión de cada uno de ellos se han agrupado en 3 grupos A, B y C los que se ubican en 4 sitios: Las Delicias, El CATIE, Turrialba y Pavones, y cada grupo contiene un mismo número de especies, en total 18 sistemas mixtos. La discusión dentro de cada grupo se presenta comparando los sistemas que tienen la misma edad y mismo número de especies;

Grupo A: con 4 especies y 7 sistemas, ubicado en el lote conocido como *Mohegan* y repetidos en los dos sitios Las Delicias (sistemas 1, 2, 3) y en El CATIE (sistemas 4, 5, 6, 7) a una edad de 5.8 años de edad (Cuadro 50).

Grupo B: con 3 especies y 3 sistemas, ubicados en Las Delicias con dos lotes *Mohegan* y *26 donantes* (sistemas 8, 10) y El CATIE con el lote *Mohegan* (sistema 9) con edades de 5.8 y 9.0 años (Cuadro 51)

Grupo C: con 2 especies y 8 sistemas, ubicados en Las Delicias con dos lotes *Con Col* y *Cmeec* (sistemas 11, 12, 13, 14, 15 ,16) y Turrialba (sistema 17) y Pavones (sistema 18) con edades de 7.3, 2.5 y 6.4 años (Cuadro 52).

El nombre de cada grupo lleva, como referencia, el nombre de la especie que predomina o es considerada como especie base con la misma edad, espaciamiento y el nombre del lote que se refiere a la institución o que financió el proyecto (Figura 54). A continuación se detalla los lotes de cada grupo.



Figura 54. Ejemplo del nombre de un grupo (Grupo A Las Delicias y El CATIE en el lote “Mohegan” con 4 especies), en este caso, Las Delicias- CATIE corresponde al finquero o propietario, “Mohegan” al donante, y seguido está el número de especies.

5.1.1 Grupo A. Las Delicias – El CATIE con el lote ‘Mohegan’,⁴ con 4 especies

En el grupo A, cuenta con cuatro sistemas a una densidad promedio de los árboles de 4 x 2.5 m, con los 5.8 años de edad establecidos en dos sitios (Las Delicias y El CATIE). Las especies principales o base en cada sistema son *V. guatemalensis*; *H. alchorneoides*, *D. panamensis* y *A. hunsteini*.

Estadísticamente se encontraron diferencias significativas en incremento medio anual en volumen total en m³/ha ($p < 0.05$) entre los sistemas que conforman el grupo A (Anexo 1) y entre los sitios Las Delicia y El CATIE (Anexo 2); Así también, diferencias significativas entre las especies bases o principales de mayor productividad, pero no entre las especies de más baja productividad como *S. macrophylla* y *A. hunsteini* (Cuadro 50).

⁴ “Mohegan” Tribu of Uncasville, Connecticut: donante del proyecto.

Cuadro 50. Grupo A. en Las Delicias y El CATIE, a los 5.8 años de edad

LOTE	ESPECIE PRINCIPAL	Nº DE SISTEMAS	SITIOS
"Mohegan"	<i>V. guatemalensis</i>	1	Las Delicias
		4	El CATIE
	<i>H. alchorneoides</i>	2	Las Delicias
		5	El CATIE
		<i>D. panamensis</i>	3
	6		El CATIE
	<i>P. tecunumanii</i>	7	El CATIE
Plantaciones Puras	<i>V. guatemalensis</i>	-	Las Delicias
	<i>H. alchorneoides</i>	-	
	<i>D. panamensis</i>	-	EL CATIE

5.1.1.1 Lote "Mohegan" con *V. guatemalensis* (Cebo, Chanco), dos sistemas

En el sitio Las Delicias, está el sistema N° 1 combinado con *V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, y es la mezcla de especies que alcanza la más alta productividad en volumen total (164.8 m³/ha) y en IMA-VOL de 29.5 m³/ha/año en el sitio de las Delicias. En cambio, esta misma mezcla de especies (sistema N° 4) establecida en el sitio El CATIE (igual especies y edad) tuvo una menor productividad (Vol. Total 69.5 m³/ha; IMA-VOL 11.9 m³/ha/año), esto se explica en parte por la diferencia en suelos en donde se establecieron las plantaciones. Los suelos del lote *Mohegan* en El CATIE (sistema N° 4) son arcillosos y con niveles freáticos altos, lo cual dificulta el adecuado desarrollo de las especies empleadas para la reforestación en los sistemas mixtos en estudio.

El sistema N° 1 alcanza la más alta productividad entre los dos sitios debido al aporte de *V. guatemalensis* dentro del sistema 76.3% (126 m³/ha) con 450 árb/ha y un IMA-VOL de 22.6 m³/ha/año. Estudios realizados en Costa Rica por Alice et ál. (2004) para esta misma especie, reportan 417.5 m³/ha a los 12 años de edad con 683 árb/ha y un IMA-VOL de 34.3 m³/ha/año, al igual que Redondo y Montagnini (2006), con 410.3 m³/ha a 13.0 años de edad, con 610 árb/ha y un IMA-VOL de 35.1 m³/ha/año en Costa Rica.

Existe un incremento medio anual mayor en volumen total por la literatura citada (Alice et ál. 2004; Redondo y Montagnini 2006). Sin embargo, hay que considerar la

diferencia existente entre el número de árboles por hectárea entre lo reportado en esta investigación y los autores mencionados, lo cual convierte a *V. guatemalensis* en una especie de alta productividad en volumen total en las plantaciones mixtas de la presente investigación.

Por otro lado, sí contrastamos la productividad de *V. guatemalensis* obtenida en sistemas mixtos en comparación con sistemas puros de esta misma especie en el sitio Las Delicias, se observó que, en monocultivos, esta especie presenta mayor productividad (315.6 m³/ha) a los 7.3 años de edad, con 531 árb/ha y un IMA-VOL de 40 m³/ha/año.

La segunda especie que contribuye a la productividad alta de este sistema mixto es *E. deglupta*, con 36.6 m³/ha y 63 árb/ha, que representa el 22.8% en volumen total de aporte en el sistema. Mientras que, el aporte más bajo a la mezcla en este mismo sitio es para *A. hunsteini* (0.9%) con 216 árb/ha y *S. macrophylla* (0.4%) con 56 árb/ha, debido a un espaciamiento original no adecuado que ocasiona problemas de sombra, alta competencia que suprime a las especies dentro del sistema, y además del ataque del barrenador *H. grandella* para *S. macrophylla*.

Se puede notar que sí se consideran las dos especies predominantes *V. guatemalensis* y *E. deglupta*, estas alcanzan una mayor productividad en volumen en comparación con el monocultivo.

En cuanto al crecimiento en DAP y HT, fue *E. deglupta* la especie que logró un mejor desarrollo (DAP 27.1 cm y HT 19.3 m) en comparación con la especie de más alta productividad dentro del sistema *V. guatemalensis* (DAP 23.0 cm y HT 14.1 m) en Las Delicias.

El crecimiento bajo de *S. macrophylla* (DAP 6.4 cm y HT 6.7 m) en Las Delicias coincide con el reportado por Piotta et ál. (2004) en plantaciones mixtas de Costa Rica a los 5.6 años de edad (DAP 7.9 cm y HT 5.1 m). Esto se explica porque *S. macrophylla* ha crecido suprimida por la alta competencia dentro del sistema mixto en estudio, por tener en el dosel superior especies como *V. guatemalensis* y *E. deglupta* que proporcionan excesiva sombra. Además, por una inadecuada densidad inicial (4x2 m) y por estar atacada por *H. grandella*.

La especie *A. hunsteini* presenta crecimientos muy bajos (DAP 5.1 cm y HT 4.8 m) a los 5.8 años de edad. Este crecimiento es inferior a lo reportado por Russo y Briscoe (2002) a 4.7 años de edad (DAP 11.7 cm y HT 6.9 m) en monocultivos establecidos en Costa Rica. Así mismo, esta especie ha crecido suprimida con relación a las especies que dominan el dosel *V. guatemalensis* y *E. deglupta*.



Figura 55. El sistema N°1 establecido en Las Delicias (izquierda), con una productividad mayor al mismo sistema N° 4 en El CATIE (derecha.). Las especies de mayor productividad son *V. guatemalensis* y *E. deglupta*, mientras que, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, 5.8 años de edad.

5.1.1.2 Lote “Mohegan” con *H. alchorneoides* (Pilón), dos sistemas

Las especies combinadas en el sistema N° 2 son *H. alchorneoides*, *E. deglupta*, *A. hunsteini*, y *S. macrophylla*. Es el sistema que logró una productividad en volumen total (79.2 m³/ha) y un IMA-VOL (13.6 m³/ha/año) intermedio los 5.8 años de edad.

Este mismo sistema (N° 5) se repite en El CATIE (5.8 años de edad), con la diferencia que allí logra una productividad muy baja en relación a lo reportado en Delicias (Vol. Total 14.1 m³/ha; IMA-VOL 2.5 m³/ha/año). Esto debido en parte por el alto nivel freático, por haber estado el suelo por muchos años en una ganadería intensiva que no permite el desarrollo adecuado de estas especies, como es el caso de *H. alchorneoides* (7.3 m³/ha).

En cambio, en el sitio Las Delicias (sistema N° 2), la productividad de esta mezcla fue proporcionada mayormente por *H. alchorneoides* con un volumen total de 52.5 m³/ha (66.2%) con 520 árb/ha y un IMA-VOL de 9.0 m³/ha/año. La segunda especie que aporta a la mezcla fue *E. deglupta* 20.4 m³/ha (25.6%) con 55 árb/ha y un IMA-VOL de 3.5 m³/ha/año; ambas especies a los 5.8 años de edad. En Costa Rica, Redondo (2007) reportó una productividad mayor (Vol. Total 179 m³/ha) con 771 árb/ha y un IMA-VOL de 16.6 m³/ha/año a los 12 años de edad en plantaciones mixtas. La superioridad en productividad de este autor se explica por la diferencia de un mayor número de árboles por hectárea, a pesar de esto, *H. alchorneoides* presenta una producción de volumen total buena (52.5 m³/ha) dentro del sistema mixto en esta investigación. En contraste, si comparamos esta misma especie con un monocultivo establecido en Las Delicias, su productividad es mayor (Vol. Total 94.5 m³/ha, 7.3 años de edad, 602 árb/ha y IMA-VOL 12.9 m³/ha/año).

Por otro lado, las especies que aportar el menor volumen en el sistema N° 2 son *A. hunsteini* 5.6 m³/ha (7.1%) y *S. macrophylla* 0.8 m³/ha (1.1%). Con estos bajos aportes en volumen, es muy difícil mantener un sistema mixto de cuatro especies, sobre todo con *S. macrophylla* que su contribución es casi nula. Por lo tanto, se sugiere pasar de un sistema de cuatro especies a un sistema de tres o dos especies eliminando las especies de menor productividad o suprimidas para obtener así, un sistema mixto en donde las especies tenga una contribución importante dentro de la mezcla. Otra posibilidad es probar un mayor espaciamiento reduciendo el número de árboles de la especie principal con el fin de proporcionar mayor espacio de crecimiento a las restantes especies.

Con respecto al crecimiento en el sistema N° 2 (Las Delicias), fue *E. deglupta* la especie de mayor desarrollo (DAP 22.2 cm y HT 18.3 m) en el sitio Las Delicias, seguida de *H. alchorneoides* con un crecimiento intermedio (DAP 14.9 cm y HT 11.8 m) e IMA-DAP de 2.6 cm y un IMA-HT de 2.0 m. En Costa Rica, Alice et ál. (2004) reportaron para *H. alchorneoides* (DAP 16.4 cm y HT 19.07 m) crecimientos mayores, a los 10 años de edad y con 752 árb/ha. Sin embargo, los IMA's en DAP y HT reportados por este mismo autor son inferiores (IMA-DAP 1.53 cm y IMA-HT 1.77 m) a lo encontrado en la presente investigación, lo que demuestra un mayor crecimiento de *H. alchorneoides* dentro de los sistemas mixtos del proyecto RTT en este grupo.

En cambio, las especies de menor crecimiento fueron *A. hunsteini* (DAP 8.2 cm y HT 7.9 m) y *S. macrophylla* (DAP 6.9 cm y HT 6.5 m) en el sitio Las Delicias. Su bajo desarrollo se explica, en parte, por su alta densidad inicial en el sistema mixto, por tener en el estrato superior a *H. alchorneoides* y *E. deglupta* que proporcionan sombra excesiva al dosel inferior y por el ataque de *H. grandella* en la especie *S. macrophylla*. Piotto et ál. (2004) reportaron crecimientos bajos y parecidos a los encontrados en su investigación para *S. macrophylla* (DAP 7.9 cm y HT 5.1 m) a los 5.6 años de edad en plantaciones mixtas en Costa Rica.



Figura 56. El sistema N° 2, Las Delicias (izquierda) tiene una productividad mayor, que el mismo sistema N° 5 establecido en El CATIE (derecha). Las especies de mayor productividad son *H. alchorneoides* y *E. deglupta*, en cambio, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, a los 5.8 años de edad.

5.1.1.3 Lote ‘Mohegan’ con *D. panamensis* (Almendra), dos sistemas

El sistema N° 3 establecido en el lote *Mohegan* del sitio Las Delicias, está combinado con *D. panamensis*; *E. deglupta*; *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, y es la mezcla de cuatro especies que alcanzó la menor productividad (Vol. Total 59.6 m³/ha) a los 5.8 años de edad, el IMA-VOL fue de 10.4 m³/ha/año. Y todavía un rendimiento más bajo en el sitio El CATIE con el sistema N° 14 (Vol. Total 9.2 m³/ha; IMA-VOL 1.6 m³/ha/año), con las mismas

especies, densidad de siembra y edad. Esto se explica en parte por los suelos diferentes en cada sitio, mientras que, en el sitio Las Delicias, se encontraron suelos con niveles freáticos más bajos, poco arcilloso y menos ácidos y en el sitio El CATIE, sucedió todo lo contrario.

En el sitio Las Delicias, sistema N° 3 fue *E. deglupta* la especie que reportó la más alta productividad en volumen total (25.6 m³/ha) que representa el 42.6% con solo 63 árb/ha, mientras que su aporte de *D. panamensis* (Vol. Total 24.4 m³/ha y IMA-VOL 4.2 m³/ha/año) con 594 árb/ha fue menor (40.9%). Redondo y Montagnini (2006) reportaron 128.5 m³/ha a los 13 años de edad con 752 árb/ha y un IMA-VOL de 11.0 m³/ha/año para *D. panamensis* en Costa Rica. Contrastando estos últimos valores con los resultados de la presente investigación, se concluye que la diferencia en productividad es debido al número de árboles por hectárea y por la alta densidad inicial en los sistemas mixtos evaluados.

Por otro lado, la mejor productividad de *D. panamensis* se reporta en sistemas (N° 3) mixto versus monocultivos establecidos en el sitio El CATIE (Vol. total 4.4 m³/ha con 521 árb/ha a los 6.9 años de edad), debido quizás a la falta de manejo en los sistemas puros y en la calidad de suelo donde se establecieron el monocultivo de *D. panamensis* en el mismo sitio (niveles freáticos altos), ya que generalmente la productividad de los sistemas mixtos es menor que las plantaciones puras o monocultivos.

La especie *A. hunsteini* a pesar de contar con una alta densidad inicial (250 árb/ha), reporta una productividad baja dentro del sistema de 8.6 m³/ha (8.6%) por estar en un dosel inferior y siendo afectada por la competencia de luz provocada por *D. panamensis* y *E. deglupta*. El aporte de la cuarta especie, *S. macrophylla*, es el más bajo dentro del sistema con un Vol. Total 1.0 m³/ha (1.6%) y 70 árb/ha por no tener suficiente espaciamiento en la combinación de especies (4 x 2 m) y porque el ataque de *H. grandella* detienen su desarrollo dentro de la plantación mixta.

La especie *E. deglupta* alcanzó un crecimiento muy superior (DAP 24.3 cm y HT 19.2 m) con respecto a *D. panamensis* (DAP 9.9 cm y HT 11.1 m) el IMA-DAP fue de 1.7 cm y el IMA-HT de 1.3 m a los 5.8 años de edad para *D. panamensis*. En Costa Rica Redondo y Montagnini (2006) reportaron un crecimiento mayor (DAP 14.7 cm y HT 18.8 m) a los 13 años de edad para la última especie Sin embargo, al comparar los IMA`s de este mismo autor, se observó un crecimiento inferior (DAP 1.1 cm y HT 1.4 m) a los encontrados en los sistemas

mixtos de la presente investigación corroborando el buen crecimiento de la especie base en el sistema mixto.

El crecimiento de *A. hunsteini* en este sistema (N°3) es mejor (DAP 10.0 cm y HT 7.6 m) en comparación con los demás de grupos. Sin embargo, su crecimiento aún está limitado por la competencia de luz de las otras especies (*V. guatemalensis* y *E. deglupta*) y corre el riesgo de convertirse en una especie suprimida dentro del sistema. El crecimiento de esta especie puede corroborarse DAP 11.7 cm y HT 6.9 m a los 4.7 años de edad con lo reportado por Russo y Briscoe (2002) en Costa Rica.. En cambio, *S. macrophylla* (DAP 6.9 cm y HT 6.7 m) es una especie con crecimiento suprimido en este mismo sistema.



Figura 57. El sistema N° 3 en Las Delicias (izquierda) tiene una productividad mayor que el mismo sistema N° 14, establecido en El CATIE (derecha). Las especies de mayor productividad son *D. panamensis* y *E. deglupta*, en cambio, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son *A. hunsteini* y *S. macrophylla*, a los 5.8 años de edad.

5.1.2 Grupo B. Las Delicias y El CATIE con los lotes ‘Mohegan’ y ‘26 donantes’,⁵ con 3 especies

Este grupo incluye los sistemas N° 8 y N° 10 ubicados en el sitio Las Delicias y el sistema N° 9 en el sitio El CATIE, con tres especies cada uno de ellos, a un espaciamiento original de 4 x 2.5 m con los 5.8 años de edad para los sistemas N° 8 y N° 9, mientras que el sistema N° 10 tiene una densidad promedio de siembra de 4 x 4 m con los 9 años de edad. (Cuadro 51).

⁵ El nombre se debe al numero de donantes que contribuyeron para realizar el proyecto forestal “26 donantes”

Cuadro 51. Grupo B. en Las Delicias y El CATIE, a los 5.8 años de edad.

LOTE	ESPECIE PRINCIPAL	Nº DE SISTEMAS	SITIOS
"Mohegan"	<i>A. hunsteini</i>	8	Las Delicias
		9	El CATIE
"26 donantes"	<i>V. guatemalensis</i>	10	Las Delicias
Plantaciones Puras	<i>A. hunsteini</i>	-	Las Delicias
	<i>V. guatemalensis</i>	-	

5.1.2.1 Lote 'Mohegan' con *A. hunsteini*, dos sistemas

En este lote, se encuentra el sistema N° 8 y N° 9, combinado por tres especies; *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla* a los 5.8 años de edad. Es el sistema N° 8 la mezcla que alcanzó un volumen total de 82.6 m³/ha y un IMA-VOL de 14.6 m³/ha/año, es decir, son valores altos sí comparamos con la productividad arrojada en el sistema N° 9 en el sitio El CATIE (Vol. Total 7.3 m³/ha; IMA-VOL 1.3 m³/ha/año). Esto se debe porque en el sitio Las Delicias son mejores suelos para estas especies (niveles freáticos bajos, poco ácidos y arenosos) que en el sitio El CATIE con una génesis de suelos de ganadería intensiva y cultivo de caña lo cual compacta el suelo y ocasiona problemas de drenaje y por consiguiente niveles freáticos altos.

En el sistema (N° 8), en el sitio las Delicias, la especie que aporta considerablemente a la mezcla es *E. deglupta* con 64.5% (Vol. Total 54.2 m³/ha) con 59 árb/ha, en cambio, *A. hunsteini* con 395 árb/ha proporciona al sistema 34.6% (Vol. Total 27.7 m³/ha). Russo y Briscoe (2002) reportan para *A. hunsteini* un Vol. Total de 33.3 m³/ha con 278 árb/ha a los 4.7 años de edad. Por lo tanto, se tiene una combinación interesante al interactuar dos especies que se desarrollan adecuadamente, a pesar del bajo número de individuos de *E. deglupta*. Por otro lado, *S. macrophylla* aporta muy poco al sistema con 0.6 m³/ha (1.0%) con 43 árb/ha, por no tener suficiente espaciamiento (4 x 2 m) y por el ataque de *H. grandella*.

La especie *E. deglupta* en el sitio las Delicias (sistema N° 8) reporta crecimiento superiores (DAP 29.1 cm y HT 23.1 m) en comparación con el crecimiento de *A. hunsteini*

(DAP 13.0 cm y HT 8.3 m) a los 5.8 años de edad en el mismo sistema. Contrastando el crecimiento de la especie principal (*A. hunsteini*), en el sistema N° 8 con lo reportado por Russo y Briscoe (2002) a los 4.7 años de edad, se tiene un crecimiento mayor (DAP 11.7 cm y HT 6.9 m) en sistemas mixtos que en monocultivos. Esto se explica por el bajo número de árboles por hectárea de *E. deglupta* y *S macrophylla* que ocasiona una baja competencia inter específica entre el sistema mixto y en especial para *A. hunsteini*. Por otro lado, *S. macrophylla* (sistema N° 8) logra crecimiento bajos (DAP 5.9 cm y HT 5.6 m) con individuos muy suprimidos, y aún peores en el sistema N° 9 en el sitio EL CATIE, por lo cual no se sugiere considerar ésta especie como productiva ni comercial dentro del sistema.



Figura 58. El sistema 8 en “Mohegan” Delicias (foto izquierda) tienen una productividad mayor, que el mismo sistema N° 9 establecido en CATIE (foto derecha). La especie de mayor productividad es *E. deglupta*, en cambio, las de menor y suprimidas en el estrato inferior son *A. hunsteini* y *S. macrophylla* a los 5.8 años de edad.

5.1.2.2 Lote ‘26 donantes’ con *V. guatemalensis*, un sistema

Las especies empleadas en el sistema N° 10 en el sitio Las Delicias son *V. guatemalensis*; *H. alchorneoides* y *A. hunsteini* a un espaciamiento de 4 x 4 m a los 9 años de edad. Es el sistema más antiguo en estudio y en donde la productividad es alta (Vol. Total 213.9 m³/ha; IMA-VOL 23.8 m³/ha/año) y se comparte con todas las especies a excepción de *A. hunsteini* que tuvo un replante un año después, y su productividad actual es baja.

De las tres especies del sistema (N° 10), *V. guatemalensis* aportó el 65.7% (Vol. Total 140.6 m³/ha), y *H. alchorneoides* contribuyó con 31.7% (Vol. Total 67.7 m³/ha), mientras que, *A. hunsteini* aportó con el 2.6% (Vol. Total 5.7 m³/ha). El aporte equilibrado en productividad

entre *V. guatemalensis* y *H. alchorneoides*, se debe a un adecuado espaciamiento inicial 4x4 m y por consiguiente, con un número de árboles muy parecidos entre sí (*V. guatemalensis* 165 árb/ha; *H. alchorneoides* 205 árb/ha). Por otro lado, la baja producción de *A. hunsteini* se asume por el replante efectuado un año después de establecida la siembra, dando como resultado que muchos árboles de esta especie crezcan suprimidos bajo la sombra de *V. guatemalensis* y *H. alchorneoides*.

Al comparar estos resultados con lo reportado por Petit y Montagnini (2006) a los 11 años de edad para *V. guatemalensis* (Vol. Total 307 m³/ha) y a los 10 años de edad para *H. alchorneoides* (Vol. Total 117 m³/ha), se observó una mayor productividad. Sin embargo, hay que considerar el número de árboles por hectárea, mayor para *V. guatemalensis* (571 árb/ha) y *H. alchorneoides* (694 árb/ha) versus lo reportado en la presente investigación. Por consiguiente, se establece alta productividad de las dos primeras especies en el sistema N° 10 y la baja productividad de la tercera especies (*A. hunsteini*) en el mismo sistema.

El dosel superior lo domina ligeramente *H. alchorneoides* (DAP 20.8 cm y HT 19.8 m), versus *V. guatemalensis* (DAP 34.2 cm y HT 19.8 m), en cambio, *A. hunsteini* tiene el crecimiento más bajo (DAP 9.9 cm y HT 8.6 m) a los 9 años de edad. Los crecimientos de las dos primeras especies son más altos que lo reportado por Petit y Montagnini (2006) para *H. alchorneoides* (DAP 16.9 cm y HT 17.7 m) a los 10 años de edad y *V. guatemalensis* (DAP 25.2 cm y HT 26 m) a los 11 años de edad, a excepción de HT para la última especie.

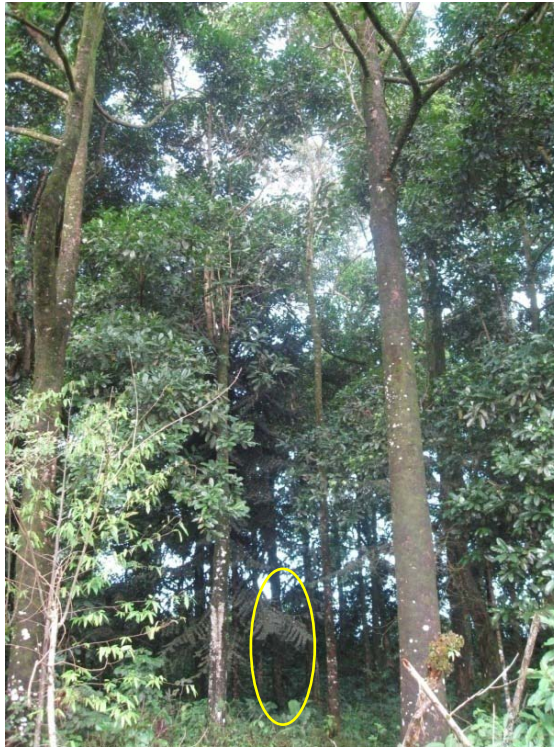


Figura 59. En el sistema N° 10 a los 9.0 años de edad, lote “26 donantes” sitio Las Delicias, fue *V. guatemalensis* la especie de mayor productividad en volumen, seguida de *H. alchorneoides*, en cambio, *A. hunsteini* reportó la productividad más bajo en el sistema .

5.1.3 Grupo C. Las Delicias con lotes ‘Cmeec’⁶ ‘Con Col’⁷, y ‘TSF’⁸, con 2 especies

En el grupo C cuenta con 8 sistemas de dos especies establecidos los seis primeros en los lotes llamados *Cmeec* y *Con Col* en el sitio Las Delicias y la edad de los sistemas está en 7.3 años. Las especies principales o base en cada grupo son *V. guatemalensis*; *D. panamensis* y *H. alchorneoides*, con *A. hunsteini* que no varía en cada sistema. En cambio, en el lote *TSF* (Tournon; Sup Nut; Folly), ubicado en el sitio Turrialba, las especies combinadas son *S. macrophylla* y *A. hunsteini* a los 2.5 años de edad (Sistema N° 17). En el sitio Pavones con el lote denominado *km 42*, se estableció el sistema N° 18 con las especies *Pinus tecunumanii* y *A. hunsteini* (Cuadro 52).

⁶ Connecticut Municipal Electric Energy Coorporative (CMEEC)

⁷ The Connecticut College (Con Col)

⁸ Tournon Family; Superior Nut Company of Cambridge, Mass; Folley Family (TSF)

Cuadro52. Grupo A. en Las Delicias y El CATIE, a los 5.8 años de edad.

LOTES	ESPECIES PRINCIPAL	Nº DEL SISTEMA	SITIOS
“Con Col”	<i>V. guatemalensis</i>	11	Las Delicias
“Cmeec”		14	
“Con Col”	<i>H. alchorneoides</i>	12	Las Delicias
“Cmeec”		15	
“Con Col”	<i>D. panamensis</i>	13	Las Delicias
“Cmeec”		16	
“TFS”	<i>S. macrophylla</i>	17	Turrialba
“km 42”	<i>P. tecunumanii</i>	18	Pavones
Plantación Pura	<i>V. guatemalensis</i>	-	Las Delicias
	<i>H. alchorneoides</i>	-	
	<i>D. panamensis</i>	-	El CATIE
	<i>S. macrophylla</i>	-	

5.1.3.1 Lote 'Cmeec' y 'Con Col' y con *V. guatemalensis*, dos sistemas

Los sistemas N° 14 y N° 11 de dos especies; *V. guatemalensis* con *A. hunsteini*, establecidos en dos lotes *Cmeec* y *Con Col* a los 7.3 años de edad y con espaciamento de siembra semejante (3.2 x 3.2 m) y (4 x 4 m) para cada lote sin diferencias significativas en IMA de volumen total ($p < 0.05$) entre los dos lotes.

De todos los sistemas de este grupo, la más alta productividad la alcanzó la mezcla de *V. guatemalensis* y *A. hunsteini*, en los sistemas N° 14 y N° 11, en ambos lotes *Cmeec* y *Con Col*. Estos sistemas reportaron un alto volumen total (287.6 m³/ha y 285.1 m³/ha) y muy similar entre sí. El IMA-VOL fue alto en ambos sistemas y muy parecido, entre sí, (39.2 y 38.9 m³/ha/año), como se muestra no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en IMA-VOL en *V. guatemalensis* en cada lote (*Cmeec* y *Con Col*).

Sin embargo, el 98 % de productividad en ambos sistemas (N° 14 y N° 11) es atribuido a *V. guatemalensis* con un IMA alto (39 m³/ha/año). Es similar a los 27.9 m³/ha/año reportado por Petit y Montagnini (2006) para esta misma especie a los 11 años de edad.

La diferencia en IMA-VOL se explica por varias razones; primero por la falta de competencia entre las especies del sistema en estudio, pues los crecimiento de *V. guatemalensis* (DAP 24 cm y HT 35 m) son superiores a los reportados por Petit y Montagnini (2004) a los 13 años de edad en plantaciones mixtas. Además el crecimiento de la segunda especie (*A. hunsteini*) es muy bajo en los dos sistemas (DAP entre 4.1 y 9.6 cm y HT entre 2.8 y 8.2 m). La segunda razón es debido al poco aporte de volumen total a la mezcla de la segunda especie *A. hunsteini* (0.5 y 2%), por estar creciendo suprimida bajo la especie dominante *V. guatemalensis*. Sin embargo, la baja productividad de *A. hunsteini* es debido a la diferencia de número de árboles entre *A. hunsteini* (253 y 146 árb/ha) y *V. guatemalensis* (566 y 406 árb/ha). Además, la especie *A. hunsteini* tuvo un proceso de replante muy lento que duró hasta dos años después de establecida el sistema mixto, por razones de mano de obra (Camacho 2007 Com. Per.).

Entonces *V. guatemalensis* aprovecha esta superioridad en individuos para convertir prácticamente al sistema mixto en monocultivo logrando una diferencia entre los volúmenes y crecimientos en los sistemas mixtos en Costa Rica reportados por Petit y Montagnini (2004 y 2006) y los descritos en la presente investigación, corroborando está última afirmación con la productividad alta que alcanzó una plantación pura de esta misma especie (Vol. Total 315.6 m³/ha con 531 árb/ha a los 7.3 años de edad).



Figura 60. En los sistemas N° 11 y N°14, lotes Con Col y Cmeec Las Delicias, a los 7.3 años de edad, fue *V. guatemalensis* la especie que proporciona el 98% de la productividad. Mientras que, la segunda especie *A. hunsteini* contribuyó mínimamente (2%) en ambos sistemas.

5.1.3.2 Lotes ‘Cmeec’ y ‘Con Col’ con *H. alchorneoides*), dos sistemas

Los sistemas N° 15 y N° 12 de dos especies; *H. alchorneoides* con *A. hunsteini*, establecidos en dos lotes diferentes *Cmeec* (N°15) y *Con Col* (N°12) a una edad de los 7.3 años y con espaciamento de siembra semejante, entre si, (3.2 x 3.2 m) y (4 x 4 m) sin diferencias significativas en IMA-VOL m³/ha ($p < 0.05$) entre los dos lotes y especies.

Ambos sistema (N° 15 y N° 13) tiene una productividad intermedia (Vol. Total 75.7 y 70.2 m³/ha) a los 7.3 años de edad, y un IMA-VOL de 10.4 y 9.6 m³/ha/año para cada sistema. La productividad del sistema se debe alto aporte (93 y 97.2%) de *H. alchorneoides* en ambos sistemas. Además, su IMA-VOL es aceptable (9.7 y 9.3 m³/ha/año) a los 7.3 años de edad, si lo comparamos con 16.6 y 11.7 m³/ha/año de esta misma especie en plantaciones mixtas en Costa Rica (Petit y Montagnini 2006; Redondo y Montagnini 2006) a los 11 y los 10 años de edad respectivamente.

La especie base *H. alchorneoides* tiene un alto IMA en crecimiento (IMA-DAP 2.5 y 2.2 cm; IMA-HT 1.9 y 1.7 m) en *Con Col* y *Cmeec*, sí contrastamos estos valores con 1.8 y 1.4 cm en IMA-DAP; 1.7 y 1.6 m IMA-HT (Piotto et ál. 2003; Redondo y Montagnini 2006) en Costa Rica.

Esta diferencia, en crecimiento y productividad, se explica porque *A. hunsteini* está creciendo suprimida debido al replante tardío en ambos sistemas por falta de mano de obra (Rolando 2007 Com. Per.). Además, la superioridad del número de árboles por hectárea de *H. alchorneoides* (549 y 406 árb/ha) versus el de *A. hunsteini* (149 y 94 árb/ha), ocasiona sombra excesiva al dosel inferior. Por consiguiente, una especie se vuelve totalmente dominada y suprimida, ocasionando bajos aportes en la mezcla.

Por otro lado la alta productividad también se debe al comportamiento del sistema mixto como monocultivo al tener prácticamente una sola especie (*H. alchorneoides*) que aporta con el volumen total a la mezcla (75.7 m³/ha). Corroborando este comportamiento con la productividad de una plantación pura en Las Delicias de *H. alchorneoides*, a los 7.3 años de edad (Vol. total 94.5 m³/ha y IMA-VOL de 12.9 m³/ha/año).

Para futuras plantaciones mixtas con estas dos especies se sugiere un espaciamiento inicial de 4 x 4 m, para dar mayor espacio para crecer *A. hunsteini* y no limitar su crecimiento a temprana edad, por excesiva sombra de *H. alchorneoides*. Además, las labores de resiembra deben contemplarse antes de cumplir un año de la plantación mixta para favorecer la competencia por igual de ambas especies.



Figura 61. En los sistemas N°15 y 12 la especie *H. alchorneoides* ocupa el dosel superior y un crecimiento suprimido de *A. hunsteini*, en ambos los lotes (Cmeec y Con Col) en las Delicias a los 7.3 años de edad.

5.1.3.3 Lote ‘Cmeec’ y ‘Con Col’ con *D. panamensis*, dos sistemas

Los sistemas N° 16 y N° 13 fueron establecidos en los lotes *Cmeec* (N°16) y *Con Col* (N°13), con las especies; *D. panamensis* y *A. hunsteini*, que tienen 7.3 años de edad y un espaciamento de siembra inicial de 4 x 2 m. Estos sistemas presentaron la menor productividad (Vol. Total 35.4 y 26.9 m³/ha/año) con un IMA-VOL bajo en ambos sistemas (4.7 y 3.7 m³/ha/año).

La productividad en los dos sistema fue proporcionada por *D. panamensis* (82.3 y 89.2%), con 354 y 297 árb/ha. Sin embargo, el IMA-VOL de ésta especie es bajo (3.9 y 3.3 m³/ha/año) sí contrastamos con 11.0 y 7.9 m³/ha/año reportado por Redondo y Montagnini (2006); Piotto et ál. (2003) en Costa Rica. La baja productividad se debe *A. hunsteini* que con 529 árb/ha su aporte en volumen total no supera el 3.9% por estar creciendo suprimida, y por el conocido lento crecimiento *D. panamensis*

El dosel superior lo ocupa *D. panamensis* con un IMA en crecimiento mayor o igual (IMA-DAP 1.8 cm y IMA-HT 1.7 m) a lo reportado por Redondo y Montagnini (2006) (IMADAP 1.1 cm y IMAHT 1.9 m).



Figura 62. En los sistemas N° 15 y 13 establecido en los lotes Cmeec y Con Col, sitio Las Delicias fue *D. panamensis* la especie que ocupó el dosel superior, mientras que, *A. hunsteini* tiene un crecimiento suprimido en las mezclas de ambos lotes, a los 7.3 años de edad.

5.1.3.4 Lotes Tournon-Sup, Nut-Folly de ‘TSP’ con *S. macrophylla*, un sistema

Las especies empleadas en el sistema N° 17 son *S. macrophylla* y *A. hunsteini* a un espaciamiento promedio de 3 x 3 m y con una edad de los 2.5 años. En este sistema, por su temprana edad, su productividad en volumen total es aún es baja (3.7 m³/ha; IMA-VOL 1.5 m³/ha/año).

La especie con más árboles por hectárea fue *A. hunsteini* (839 árb/ha), y por consiguiente con el mayor aporte en volumen total de 2.2 m³/ha (59.5%), mientras que *S. macrophylla* (201 árb/ha) proporcionan a la mezcla 1.5 m³/ha de volumen total (40.5%) Autores como Russo y Briscoe (2002), reportan para *A. hunsteini* productividad alta (Vol. Total 6.5 m³/ha) en una plantación pura a los 4 años de edad con 278 árb/ha. En los sistemas puros de *A. hunsteini* del sitio Las Delicias, se reportó aún más alta productividad (Vol. Total 36.9 m³/ha) con 4.8 años, sin embargo, en éste último reporte hay que considerar el número de árboles por hectárea, muy superior (818 árb/ha) en comparación con lo reportado por Russo y Briscoe (2002).

Como se observa, la productividad dentro del sistema mixto aún es equitativa para cada especie, esperando que se mantenga su crecimiento homogéneo entre *S. macrophylla* (DAP 5.8 cm y HT 5.3 m) y *A. hunsteini* (DAP 4.6 cm y HT 3.2 m). Aunque por la densidad de

siembra (3 x 3 m), se esperaría que *A. hunsteini* sobrepase a *S. macrophylla* y ésta crezca suprimida bajo la sombra de la conífera.



Figura 63. Sistema N° 17 establecido en los lotes de Tournon, Sup Nut-Folly, muestra una productividad homogénea entre *S. macrophylla* y *A. hunsteini* a los 2.5 años de edad.

5.1.3.5 Lote ‘km 42’ con *P. tecunumanii* en Pavones, un sistema

Las especies empleadas en el sistema N° 18 son *P. tecunumanii* y *A. hunsteini* con un espaciamiento promedio de 3 x 3 m promedio a los 6.4 años de edad. Este sistema reportó una baja productividad en Vol. Total (53.0 m³/ha) y un IMA-VOL de 8.3 m³/ha/año.

La especie *P. tecunumanii* tuvo el mayor Vol. Total (43.2 m³/ha, IMA-VOL 6.7 m³/ha/año) con 484 árb/ha, mientras que, *A. hunsteini* su productividad fue muy baja (Vol. Total 9.8 m³/ha, IMA-VOL 1.5 m³/ha) con 225 árb/ha. Estudios mencionan que la primera especie tiene un IMA-VOL (10 a 18 m³/ha/año) alto en plantaciones puras (Montesinos 1995), sin embargo, en sistemas mixtos en estudio el IMA-VOL de la especie principal fue intermedio, por diferencia de requerimientos en espacio y nutrientes con la segunda especie.



Figura 64. En el sistema N° 18 establecido en el lote “km 42” en el sitio Pavones, la especie *P. tecunumanii* reportó más alta productividad que *A. hunsteini* a los 6.4 años de edad.

En síntesis, los sistemas mixtos de mayor productividad son cuando interactúan *V. guatemalensis* y *E. deglupta* a un espaciamiento recomendado de (4 x 4 m) o (3.5 x 3.5 m). Ambas especies son de rápido crecimiento y muy aceptadas por los finqueros (Piotto y Montagnini 2006), pero hay que tener presente la fuerte ramificación aérea especialmente de *V. guatemalensis* que limita el desarrollo de otras especies (*A. hunsteini* y *S. macrophylla*). En cambio *E. deglupta* se asocia muy bien en cualquier sistema mixto, es decir, no limita el crecimiento de otras especies y aporta altos porcentajes de volumen total en la mezcla.

No obstante, no hay que olvidar el aprendizaje de efectuar replantes tardíos o durante dos o tres años de establecida la plantación; ni la falta de poda, raleos y sobre todo considerar la densidad inicial de siembra que permitan obtener luz a cada una de las especies asociadas ó en cada uno de los estratos arbóreos del sistema mixto.

5.2 Análisis de los raleos simulados en los sistemas mixtos

Se destacan en esta sección solamente los sistemas mixtos que alcanzaron productividad en volumen comercial en troza por raleos (DMS⁹ de 22 cm y 1.30 m de largo) y son representativos para cosecha actual (Cuadro 53). Además se puede corroborar la productividad de los sistemas a través de las clases diamétricas de los sistemas mixtos con volumen total de raleos (Anexo 15).

Cuadro 53. Síntesis de raleos comerciales en los sistemas mixtos.

GRUPOS	LOTES	ESPECIE PRINCIPAL	Nº de SISTEMAS	RALEO COMERCIAL 10	EDAD (años)
Grupo A (sitios Las Delicias y El CATIE)	"Mohegan"	<i>V. guatemalensis</i>	1	Aplica	5.8
			4	No aplica	
		<i>H. alchorneoides</i>	2	No aplica	
			5		
		<i>D. panamensis</i>	3	No aplica	
6					
Grupo B (sitios Las Delicias y El CATIE)	"Mohegan"	<i>A. hunsteini</i>	8	No aplica	5.8
	"26 donantes"	<i>V. guatemalensis</i>	9	No aplica	
Grupo C (sitios Las Delicias, Turrialba y Pavones)	"Con Col"	<i>V. guatemalensis</i>	10	Aplica	7.3
	"Cmeec"		11	No aplica	
	"Con Col"	<i>H. alchorneoides</i>	12		
	"Cmeec"		13		
	"Con Col"	<i>D. panamensis</i>	14	No aplica	
	"Cmeec"		15		
	"TSF"	<i>S. macrophylla</i>	16	No aplica	
"km 42"	<i>P. tecunumanii</i>	17	No aplica	6.4	
			18	No aplica	

5.2.1 Grupo A Las Delicias y El CATIE en el lote "Mohegan" con 4 especies

Para los sistemas combinados de cuatro especies, se encontró que solamente el sistema N° 1 (8 m³/ha) tiene un volumen comercial de raleo en trozas. En este sistema se propone realizar un raleo de 20.1%, en donde la participación de las demás especies (*A. hunsteini* y *S. macrophylla*) por volumen comercial de raleo en trozas es nula. Esto se debe en parte, a que son especies creciendo suprimidas y por lo tanto, con bajo potencial de volumen comercial. *E. deglupta* es una especie particular a pesar de tener una buena productividad, no es considerada para raleo por su número reducido de árboles (64 árb/ha), además ésta especie no ocasiona

⁹ DMS: diámetro mínimo superior

¹⁰ Raleo comercial por troza con un diámetro mínimo superior de 22 cm y 1.30 m de largo, para tarima.

problemas de sombra, ni suprimen a otras especies, y se espera que a final del turno (15 años) de *E. deglupta* aporte un mayor volumen comercial para el finquero o propietario de la mezcla.

En los demás sistemas de este grupo, tanto en Delicias como en El CATIE, no reportaron volumen comercial de raleo por troza por tener especies tales como, *D. panamensis*; *H. alchorneoides* y *A. hunsteini*, de lento y mediano crecimiento, que para su edad (5.7 años) no se espera que obtengan una alta productividad.

5.2.2 Grupo B Las Delicias y El CATIE en los lotes “Mohegan” y “26 donantes con 3 especies

En este grupo solamente el sistema N° 10, ubicado en el lote “26 donantes” en Las Delicias, reportó un volumen comercial por raleo (16.5 m³/ha), debido al aporte únicamente de *V. guatemalensis* (15.1 m³/ha). Las demás especies (*H. alchorneoides* y *A. hunsteini*) no reportaron productividad por raleo comercial debido a tener crecimiento de bajos a medios en DAP y HT con sus nueve años de edad.

5.2.3 Grupo C Las Delicias en los lotes “Cmeec”, “Con Col” con 2 especies

Los únicos sistemas (N° 14 y 11) de dos especies, lotes *Cmeec* y *Con Col* con la mezcla *V. guatemalensis* y *A. hunsteini*, fueron los que registraron un volumen comercial de raleos (27.8 y 28.8 m³/ha respectivamente), con una intensidad de raleo del 23.2 y 24.3%. Esta alta productividad por raleos, se explica en parte porque aquí el sistema funciona como monocultivo en la práctica, ya que la participación de la segunda especie (*A. hunsteini*) es nula o extremadamente baja (0.5 a 1.0%) por estar creciendo suprimida, en cambio, *V. guatemalensis* crece sin competencia interespecífica y su desarrollo es muy alto, casi o igual a una plantación pura a los 7.3 años de edad.

Los sistemas; N° 15 y 12, N° 16 y 13 no reportaron volumen comercial por raleos en trozas debido a estar con bajos crecimientos y tener en la mezcla a la segunda especie (*A. hunsteini*), creciendo suprimida, por falta de luz solar ó la sombra excesiva de las especies principales en cada mezcla *H. alchorneoides* y *D. panamensis*. Esto se repite en el sistema N°

18 con la diferencia que la especie que domina el sistema es *P. tecunumanii*, en cambio en el sistema N° 17 no reportó volumen comercial por raleo, debido a la edad temprana (2.5 años).

Por lo tanto, es difícil mantener un sistema mixto en donde la rentabilidad por volumen comercial de raleos sea alta y aun más, cada cinco años. Sumado a esto, el riesgo que se tiene al descuidar el manejo silvicultural pudiendo estancar el crecimiento de las especies combinadas, lo cual para la meta del proyecto obtención de madera es una gran limitante. Sin embargo, se tiene un interesante aprendizaje de la investigación aplicada por *RTT*, por conseguir el modelo o mezcla adecuada que permita lograr beneficios para el finquero y para el donante.

5.3 Fijación de carbono en sistemas mixtos y monocultivos

En esta sección se discute los sistemas que lograron tasas de fijación de carbono representativas en cada grupo (A, B y C). En la figura 65, se muestra los sistemas con mayor productividad.

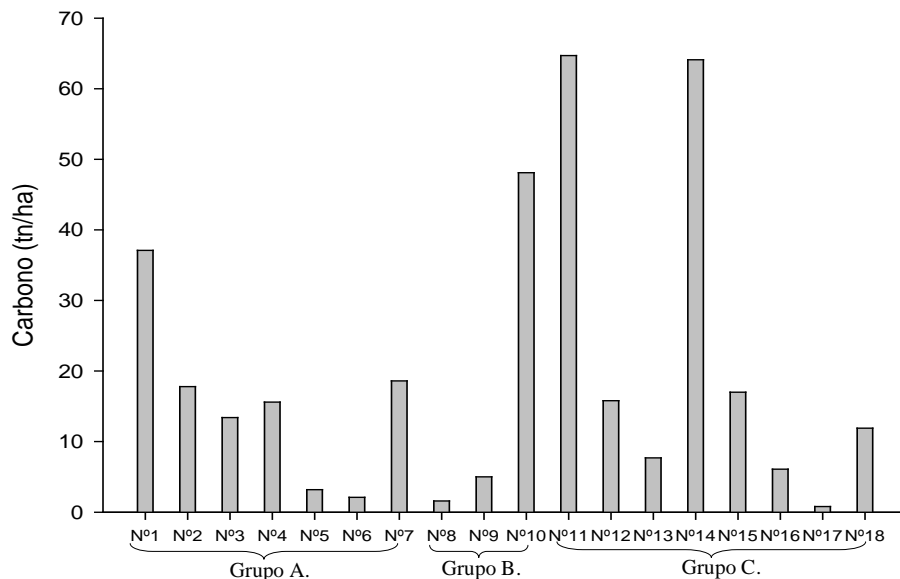


Figura 65. Carbono de las plantaciones mixtas por grupo y sistema.

5.3.1 Grupo A Las Delicias - CATIE en el lote “Mohegan” con 4 especies

El sistema N° 1 constituido por cuatro especies (*V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *S. macrophylla* y *A. hunsteini*) fue el mejor sistema de este grupo (37.1 tn/ha). Fonseca et ál.

(2008) reportaron para *V. guatemalensis* en plantaciones mixtas a los 7 años de edad 35.7 tn/ha de carbono, y en los monocultivos establecidos en Las Delicias a los 7.3 años de edad, se encontró 71.0 tn/ha de carbono. Esto se explica al alto aporte de carbono de *V. guatemalensis* (73%) al mantener mayor número de árboles por hectárea (461 árb/ha) en relación a *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*.

Los sistemas restantes con especie principal *H. alchorneoides* (N° 2) y *D. panamensis* (N° 3) no superaron las 18 tn/ha de carbono, versus la encontrada en plantaciones puras de esta especie 21.3 tn/ha en Costa Rica. Otros estudios reportaron fijación de carbono para *H. alchorneoides* en plantaciones puras a los 7 años de edad con 16.6 tn/ha solo para fuste (Fonseca et ál. 2008).

Entonces se obtuvo un alta fijación de carbono por *H. alchorneoides*, seguida de *E. deglupta* (25%), por ser una especie de rápido crecimiento que logra buenos fustes verticales a pesar de tener pocos árboles por hectárea en promedio (60 árb/ha). Las otras dos especies (*A. hunsteini* y *S. macrophylla*) contribuyen mínimamente (6.7%).

En cambio, los sistemas mixtos (N° 4, 5, 6) de El CATIE, alcanzaron la más baja productividad pese a tener las mismas especies en el sistema de siembra y edad de plantación que en las Delicias. El único sistema (N° 4) que sobresale en este sitio fue gracia al aporte de *V. guatemalensis* (15.6 tn/ha) y aún así su fijación de carbono es inferior al mismo sistema establecido en Las Delicias, debido a los suelos con altos niveles freáticos, muy arcillosos y ácidos que tiene los sistemas mixtos de El CATIE.

5.3.2 Grupo B Las Delicias y El CATIE en los lotes “Mohegan” y “26 donantes” con 3 especies

El sistema N° 8 compuesto por *A. hunsteini*, *E. deglupta* y *S. macrophylla* alcanzó 18.6 tn/ha, de este valor, la especie *E. deglupta* proporcionó 12.2 tn/ha (65.9%), a pesar que cuenta con tan solo 78 árb/ha, en cambio *A. hunsteini* contribuyó con 6.2 th/ha, siendo ésta la especie principal y *S. macrophylla* no aporta muy poco en la mezcla (0.1 tn/ha).

El mismo sistema (N° 9) establecido en El CATIE, logró fijar carbono muy por debajo que en Las Delicias (1.6 Tn/ha), debido a su bajo crecimiento y productividad por el diseño de siembra y los suelos donde se establecieron este sistema (altos niveles freáticos, arcillosos).

El sistema N° 10 implementado en Las Delicias, lote 26 donantes, obtuvo la más alta productividad de carbono (48 tn/ha) debido al aporte de *V. guatemalensis* (31.6 th/ha) con 165 árb/ha, seguida de *H. alchorneoides* (15.2 tn/ha) con 205 árb/ha. Ésta diferencia de las dos especies es razonable, por ser árboles de rápido y mediano crecimiento, en donde *V. guatemalensis* dominó el estrato superior a pesar de tener menos árboles y en un estrato más intermedio esta (*H. alchorneoides*), además este sistema presenta un adecuado espaciamiento de siembra (4x4 m).

En cambio, el aporte de *A. hunsteini* es mínimo (1.30 tn/ha), a pesar que cuenta con 139 árb/ha, debería tener una mejor nivel tasa de fijación, lo que se explica por ser una especie que está creciendo suprimida bajo la sombra de las dos especies (*V. guatemalensis* y *H. alchorneoides*), por tener un proceso de replante que repercute actualmente en un desarrollo poco vigoroso de la especie y bajos crecimientos.

5.3.3 Grupo C Las Delicias en los lotes Con Col, Cmeec y Tournon con 2 especies

Los sistemas N° 14 y N° 11 presentaron un alto nivel de fijación de carbono (64.7 tn/ha) muy cercanos a los reportados para plantaciones puras de esta especie (71.0 th/ha) y más alto que por los reportados por Fonseca et ál. (2008). Esto se debe a que estos sistemas no tienen características de plantaciones mixtas, la competencia interespecífica no existe, debido que la segunda especie (*A. hunsteini*) crece suprimida, y su aporte es mínimo o casi nulo a la mezcla. Esto demuestra que a futuro será muy difícil que *A. hunsteini* pueda remplazar la productividad en carbono de *V. guatemalensis* cuando su turno de corta le llegue a esta especie. Por lo tanto este sistema no permitirá lograr las metas de fijar carbono en 25 tn/ha/año por un lapso de 25 años para el donante de acuerdo a la meta del proyecto (Hester 2008 Com. Per.). Los demás sistemas de éste grupo alcanzaron de bajos a muy bajos niveles de fijación de carbono en el sitio Las Delicias.

5.4 Análisis de los suelos entre los sitios Las Delicias y El CATIE

La concentración de nutrientes en las plantaciones mixtas ubicadas en Las Delicias y EL CATIE, arrojaron pH de bajos a medios es decir si se considera un pH superior a 5.5 como aquel en el cual la disponibilidad de elementos esenciales es adecuada (Bertshc 1995), habría problemas en los suelos por encontrarse por debajo de dicho nivel. Por otro lado, los niveles de potasio fueron deficientes o bajos, mientras que, el fósforo fue de deficiente a un nivel crítico, el calcio y magnesio fueron de un nivel crítico (medio) a deficiente (bajo) en ambos sitios.

En cuanto a la textura los suelos de los sistemas mixto del sitio El CATIE son mayoritariamente arcillosos, en comparación con la textura franco arenosa reportada en Las Delicias. Por consiguiente los altos porcentajes de arcilla (41.4 a 59.2%), no permiten la permeabilidad y se convierten en excelentes retenedores de agua por su microporosidad, lo cual limita el desarrollo de especies no adaptadas a este tipo de suelo especialmente *E. deglupta*, *V. guatemalensis* y *A. hunsteini* (Alvarado y Raigosa 2006).

Los reportes de materia orgánica en ambos sitios (Las Delicias y El CATIE) son de bajos a medio, a pesar de la capacidad que tienen las especies como *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides*, *D. panamensis* de producir hojarasca y su lenta descomposición Montagnini (2000).

Entre los suelos de Las Delicias y el CATIE por lo general presenta niveles de nutrientes entre medio a bajo. La diferencia entre los suelos está, en que los suelos de los sistemas mixtos de El CATIE, son procedentes de actividades agrícolas (caña) y ganaderas intensivas que ocasiona erosión y pérdida de nutrientes (Bueno 2001). Además son suelos mal drenados, arcillosos y ácidos que producen la pérdida de elemento, en especial hierro (Fe) y manganesio (Mn) que son fácilmente reducibles, pueden llegar alcanzar niveles de toxicidad para especies forestales no adaptadas a dichas condiciones (Alvarado y Raigosa 2006).

Los suelos de las plantaciones puras en relación con los reportados de las plantaciones mixtas presentan más altas concentraciones de materia orgánica y carbono. La plantación pura de *S. macrophylla* reportó los más altos niveles de concentración de fósforo y potasio, necesarios para su adecuado desarrollo.

El monocultivo de *H. alchorneoides* alcanzó niveles medios de materia orgánica (MO), datos que son contrastados con los reportados con Montagnini (2000), en donde menciona que la gran cantidad de hojarasca que proporciona esta especie y su lenta descomposición permite incorporar al suelo cantidades significativas de MO.

Por otro lado, el suelo de *V. guatemalensis*, en plantaciones puras mantiene un pH bajo similar al reportado por Montagnini y Sancho (1994) en suelos ubicados en la zona de Sarapiquí, Costa Rica.

Los porcentajes más altos de nutrientes en ambos sitios, las delicias y CATIE, se encontraron de 0-20 cm (primer horizonte A), como lo reporta también Fassbender y Bornemisza (1987).

6 CONCLUSIONES

6.1 Hipótesis de estudio

- La mayoría de las plantaciones mixtas evaluadas no presentaron productividad por volumen comercial de raleo. Por lo tanto se rechaza la hipótesis que las plantaciones mixtas bajo este manejo permiten producir madera comercial para los productores a los 10 años de edad.
- Las plantaciones mixtas presentan diferencias significativas en incremento medio anual en volumen por el número de especies, sistemas y sitios. Los sistemas de dos especies con *V. guatemalensis* tienen un mayor IMA-VOL ($39 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$) en relación a los sistemas de cuatro especies con *V. guatemalensis* ($28.7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$). Sin embargo el aporte dentro de todos los sistemas es debido a una o dos especies como máximo.
- Existen diferencias significativas en fijación de carbono total entre sistemas de dos, tres y cuatro especies, por el aporte individual de cada especie dentro de la mezcla. *V. guatemalensis* puede aportar el 98% del total de productividad por fijación de carbono (64.7 tn/ha), mientras que, especies de mediano y lento crecimiento no superan 18 tn/ha .
- Los suelos de los sitios Las Delicias y El CATIE difieren entre si, en las propiedades físico – químicas con base al muestreo exploratorio de suelos. Especialmente en calcio, fósforo, potasio y en la textura.

6.2 Productividad y crecimiento en pie por sistema y especies

- En los sistemas de cuatro especies (Grupo A), la mejor productividad se logra cuando se combina *V. guatemalensis* como especie principal, mientras que el sistema de menor productividad se da con *D. panamensis* como especie base.

- En los sistemas con cuatro especies (Grupo A), la productividad se debe solamente a dos especies *V. guatemalensis* y *E. deglupta*. Y el aporte de las otras dos (*A. hunsteini* y *S. macrophylla*), en la mayoría de los casos es mínimo, debido a diseño original de siembra muy estrecho (4 x 2 m), escasa información de la tolerancia a la sombra de especies y al ataque de *H. grandella*.
- En general los sistemas mixtos en el sitio Las Delicias fueron muy superiores en productividad en volumen total, que los establecidos en el sitio El CATIE. El sistema N° 1 del sitio las Delicias a los 5.8 años de edad, fue el de mayor crecimiento y productividad.
- En el grupo B con tres especies (*V. guatemalensis*, *H. alchorneoides* y *A. hunsteini*), el de mayor productividad (213.9 m³/ha) fue el sistema N° 10 en el sitio Las Delicias a los 9 años de edad, mientras que, el sistema N° 9 (*A. hunsteini*, *E. deglupta* y *S. macrophylla*) en el sitio El CATIE a los 5.8 años de edad reportó la menor productividad (7.3 m³/ha), debido posiblemente a los suelos (nivel freático alto y arcillosos), diferente espaciamiento y especies de la mezcla.
- En el grupo C con dos especies, fueron los sistemas N° 11 (285.1 m³/ha) y N° 14 (287.6 m³/ha) con las especies *V. guatemalensis* y *A. hunsteini* los de mayor productividad en volumen total, en el sitio Las Delicias a los 7.3 años de edad. En cambio, los sistemas N° 13 (26.9 m³/ha) y N° 16 (35.4 m³/ha) con la misma edad y con las especies *D. panamensis* y *A. hunsteini* presentaron menor productividad en volumen total. Esto se explica en parte por la diferencia de mezcla en donde la especie principal *D. panamensis*, por su lento crecimiento, actualmente no aporta un volumen importante para el sistema.
- Los monocultivos alcanzaron mayor productividad en volumen total (315.6 m³/ha) en comparación con la especie principal del sistema mixto en estudio. Solamente los sistemas con baja competencia interespecífica, por tener la segunda especie de la mezcla creciendo suprimida, reportaron una productividad similar a los monocultivos. Es el caso de los sistemas N° 11 y N° 14.

- En todos los sistemas en donde se combina *V. guatemalensis*, esta especie fue muy importante para lograr altas tasas de productividad aportando alrededor del 75% de su productividad en volumen total a la mezcla, y en algunos casos hasta el 98 y 99% (sistemas N° 11 y N° 14).
- La especie *E. deglupta* tiene un alto potencial de productividad en los sistemas mixtos, ya que con 63 árb/ha reportó una alta productividad a los 5.8 años con 36.6 m³/ha.
- La especie *H. alchorneoides* tuvo una productividad intermedia. El aporte dentro de los sistemas en volumen total fue importante (66 al 97%) con 52.5 a 70.4 m³/ha, mientras que, la especie *D. panamensis* tuvo una productividad baja con 24.4 m³/ha; ambas especies a los 5.8 años de edad en Las Delicias, debido a que esta última especie es considerada de lento crecimiento.
- La especie que está en todos los sistemas fue *A. hunsteini*, la misma que no reportó valores importante de productividad a los 5.8, 7.3 y 9.0 años de edad. Más aún, en algunos sistemas, su aporte llega únicamente hasta el 1% de la productividad y la más alta no supera el 26.9%. Esto se explica en parte al estrecho espaciamiento original de siembra (4 x 2 m), que ocasiona el crecimiento suprimido de esta especie desde los primeros años, en el momento que es superada en crecimiento por cualquiera otra especie en la mezcla.
- Una de las especies más valiosas comercialmente empleadas en los sistemas fue *S. macrophylla*, la misma que tuvo una productividad muy baja (1.0 a 1.6 m³/ha) alrededor de 60 árb/ha, debido a estar creciendo suprimida y por el fuerte ataque de *H. grandella*.

6.3 Productividad en el tiempo por sistema y especies

- En el grupo A, fue el sistema N° 1 a los 5.8 años quien reportó el mayor IMA-VOL (28.7 m³/ha/año). En cambio, el sistema N° 6 tuvo el menor IMA-VOL (1.6 m³/ha/año). Esta diferencia se debe al tener, en el sistema, una especie base o

principal de rápido crecimiento (*V. guatemalensis* con el sistema N° 1) y otra de lento crecimiento (*D. panamensis* con el sistema N° 6).

- En el grupo B, el sistema N° 10 tuvo el más alto IMA-VOL (23.8 m³/ha/año) a los 9 años de edad, mientras que el IMA-VOL más bajo fue para el sistema N° 9 (1.3 m³/ha/año) a los 5.8 años de edad, debido a diferencia de suelos en los sitios Las Delicias (sistema N° 10) y El CATIE (sistema N° 9).
- En el grupo C, fueron los sistemas N° 11 y N° 14 con *V. guatemalensis*, los que reportaron el más alto IMA-VOL (38.9 y 39.2 m³/ha/año), mientras que la mezcla con menor IMA-VOL fue para los sistemas N° 13 y N° 16; ambos sistemas con *D. panamensis* como especie principal o base (3.7 y 4.7 m³/ha/año).
- La especie que alcanzó el más alto IMA-VOL, en los sistemas de dos (39.5 m³/ha/año), cuatro (28.7 m³/ha/año) y tres especies (23.8 m³/ha/año) fue *V. guatemalensis*.
- La especie *A. hunsteini*, hasta el momento, tiene un aporte mínimo en IMA-VOL para la mezcla. En la mayoría de los sistemas, reportó un IMA-VOL inferior a 1 m³/ha/año, debido a tener demasiada sombra del estrato superior (*V. guatemalensis* y *E. deglupta*) y espaciamientos muy pequeños (4 x 2 m) que la obligan a crecer en la mayoría de los sistemas suprimida.

6.4 Raleos

- En el grupo A, con cuatro especies, a los 5.8 años de edad, la producción de los raleos son bajos en volumen comercial en trozas, a excepción del sistema N° 1 en donde únicamente *V. guatemalensis* (8 m³/ha) es la que aporta en la mezcla. Estos resultados muestran que con estos diseños de sistemas mixtos y sin raleos tempranos no se logran los objetivos de producción comercial esperados por el proyecto RTT, 15 m³/ha/año durante 25 años.

- En el grupo B, fue el sistema N° 10 la única mezcla que obtuvo volumen comercial en troza, gracias al aporte de *V. guatemalensis* (15.1 m³/ha) a los 9 años de edad. Los demás sistemas de este grupo (N° 8 y N° 9) no registraron raleo comercial en troza.
- En el grupo C, solamente los sistemas N° 11 y N° 14 a los 7.3 años de edad, fueron los que reportaron volumen comercial en troza proveniente de raleos (25.8 y 27.8 m³/ha), el cual fue aportado por *V. guatemalensis* en un 98 a 99%.
- En general, debido principalmente a la densidad original la productividad en volumen comercial por raleos en troza fue baja en la mayoría de los sistemas. Por consiguiente, se necesita planificar los raleos aunque no sean comerciales y las podas a más tempranas edades (5 a 6 años), que permitan mejorar la calidad de la plantación y aumentar su productividad para los siguientes raleos comerciales.
- En los sistemas mixtos (N° 1, N° 10, N° 11, N° 14) el volumen comercial por raleo en troza está entre un 25 a 40%, del total de volumen raleado en pie.

6.5 Carbono

- En el grupo A con cuatro especies (*V. guatemalensis*, *E. deglupta*, *A. hunsteini* y *S. macrophylla*), fue el sistema N° 1 a los 5.8 años de edad, quien reportó la más alta fijación de carbono en el fuste (37.1 tn/ha) en el sitio Las Delicias.
- En el grupo B con tres especies, fue, el sistema N° 10, el que obtuvo la más alta fijación de carbono (48 tn/ha), debido a contar con una especie de rápido crecimiento (*V. guatemalensis*) y dos de mediano crecimiento (*H. alchorneoides* y *A. hunsteini*).
- En el grupo C, los sistema N° 11 y N° 14 con dos especies (*V. guatemalensis* y *A. hunsteini*) fueron los mejores sistemas con una muy alta productividad en fijación de carbono, casi igual a un sistema puro. Esto se explica por el funcionamiento del sistema mixto con solo una especie que predomina (*V. guatemalensis* 98 a 99 %) y

que no tiene problemas de competencia interespecífica con *A. hunsteini* logrando una alta tasa de productividad.

6.6 Muestreo exploratorio de suelos

- En ambos sitios los nutrientes (Ca, Mg, K, P) del suelo están entre un nivel crítico (medio) a deficiente (bajo). Sin embargo en los suelos de los subsitios *Ángel* y *Mulas* en el CATIE, existen otras características intrínsecas del suelo que deben tomarse en cuenta, como uso anterior del suelo, nivel freático alto y la textura. Variables determinantes en la productividad de una plantación forestal.
- De acuerdo a la topografía, los suelos de la parte baja (pendiente menor a 20 grados) del sitio Las Delicias, presentaron las mejores características en materia orgánica, pH, acidez y textura (franco arenoso), mientras que, en la parte alta de Las Delicias presentaron características físicas y químicas de críticas a bajas.

6.7 Lecciones finales

- La mayoría de los criterios y expectativas de productividad de RTT para las cuales fueron establecidas las plantaciones mixtas (“*máxima fijación de carbono para el donante y producción de madera comercial para el finquero o propietario desde el primer raleo a los diez años*”), hasta el momento no se cumplen. Esto debido principalmente al distanciamiento de siembra original (4 x 2 m) que ocasionó crecimientos suprimidos desde los primeros años en varias especies y por la falta de raleos oportunos para especies de lento y mediano crecimiento como *S. macrophylla* y *A. hunsteini*
- La densidad original óptima de los sistemas mixtos, con base al presente estudio podría ser 4 x 4 m (625 árb/ha) ó 3.5 x 3.5 m (816 árb/ha) con el fin de permitir mayor espacio para el desarrollo de las especies, disminuir competencia en los primeros años y alargar el primer raleo a los diez años y que éste sea comercial.

- Una mezcla de especies recomendables podría ser *E. deglupta* (625 árb/ha) con *A. hunsteini* (625 árb/ha) a 4 x 4 m. La primera especie proporcionaría a madera comercial a tempranas edades y la segunda a fijación de carbono a largo plazo (mínimo 25 años).
- La contribución de la mayoría de las especies que no fueron dominantes o no estuvieron presentes en el estrato superior del dosel dentro de la mezcla fue baja o nula en productividad en volumen total y comercial.
- Con el diseño de siembra actual, la hipótesis de RTT en plantaciones mixtas; “*las especies del dosel superior no aprovechan la totalidad de luz y que las especies del estrato inferior en la mezcla pueden utilizar la luz que entra al dosel y crecer satisfactoriamente para alcanzar una mayor producción*”, no se cumple hasta el momento, porque la mayoría de las especies del estrato inferior están creciendo suprimidas con una muy baja productividad en volumen, y con poco vigor dentro de la mezcla.
- Las plantaciones mixtas con especies de rápido y lento crecimiento podrían ser una alternativa viable para productores y finqueros con la ventaja de poder incluir especies de alto valor comercial que busquen una mayor diversidad de productos forestales incluyendo venta servicios ambientales p.ej. CO₂. Sin embargo, solamente con una adecuada planificación, diseño de siembra, manejo y cosecha, lograrán lo sistemas mixtos alcanzar las metas propuestas.
- La meta del modelo de producción de sistemas forestales mixtos para carbono y madera de RTT (“*40 m³/ha/año durante 25 años, repartidos en 15 m³/ha/año para el finquero y 25 m³/ha/año para el donante*”) en general no se cumplen. Únicamente en los sistemas N° 11 y N° 14 en Las Delicias logran alcanzar esta meta a los 7.3 años de edad debido a casi la totalidad del aporte de *V. guatemalensis* (98%) en la mezcla, pero no como sistema mixto en sí.

- La información silvicultural generada por RTT es prácticamente única para sistemas mixtos, debido a que pocas organizaciones o instituciones cuentan con un monitoreo permanente y mediciones de más de diez años, lo cual permite conocer las limitaciones y las potencialidades de estos sistemas de producción forestal mixto.
- Las plantaciones mixtas tienen un reto adicional a cualquier monocultivo por la escasa información silvicultural para su manejo. Por ello, hacer investigación aplicada en sistemas mixtos significa contribuir al conocimiento y aportar a la ciencia forestal que en gran parte es lo que realiza RTT.
- Los resultados de esta investigación muestran que los sistemas mixtos son más complejos en términos de manejo forestal por la densidad original, número de especies y el tipo de especies a ser combinadas, además del momento más oportuno para realizar los realeos y las podas con el fin de combinar y lograr satisfactoriamente los objetivos de producción comercial forestales y de fijación de carbono.
- Los resultados y la información generada por el proyecto RTT pueden considerarse como pioneros en plantaciones mixtas y debería servir como base para hacer las modificaciones necesarias con el fin de comprobar el potencial de producción de estos sistemas en futuras plantaciones.

7 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se presentan a continuación se basan en las condiciones de sitio y el manejo silvicultural realizado a la fecha de esta evaluación:

- Los resultados y la experiencia obtenida en este estudio, muestran que es muy difícil lograr una productividad comercial alta con más de tres especies por la competencia interespecífica. Por lo cual, se recomienda realizar sistemas mixtos con dos ó máximo tres especies que incluyan especies de rápido (*E. deglupta*, *V. guatemalensis*,) y mediano (*A. hunsteini* y *H. alchorneoides*) crecimiento, y a un espaciamiento de 4 x 4 m (625 árb/ha) ó 3.5 x 3.5 m (816 árb/ha).
- La especie *H. alchorneoides* tiene un alto potencial como especie de mediano crecimiento y de madera más valiosa comercialmente que otras especies dentro del sistema (*V. guatemalensis* y *E. deglupta*). Sin embargo, se conoce muy poco sobre esta especie en sistemas mixtos, por lo cual, se recomienda seguir trabajando con *H. alchorneoides* y generar así mayor información sobre su manejo silvicultural, muy importante para establecer futuras plantaciones mixtas o puras.
- En sistemas de dos especies, en donde casi el 100% de la productividad, es por una sola especie dominante (*V. guatemalensis*) será necesario evaluar el comportamiento de éste sistema en los próximos años y considerar pasar de un sistema mixto a un monocultivo, debido a que no habrá ningún aporte en volumen de la otra especie (*A. hunsteini*) dentro de la mezcla hasta la corta total de *V. guatemalensis*.
- Es necesario considerar en los sistemas actuales de cuatro especies, pasar a sistemas de dos o tres especies para no crear alta expectativas al finquero o propietario con especies de alto valor comercial (*S. macrophylla*) que muy posiblemente no desarrollarán a futuro, debido a tener un crecimiento suprimido y el fuerte ataque de *H. grandella*.
- Se recomienda probar plantaciones mixtas con dos años de siembra diferente entre especies de mediano crecimiento (*A. hunsteini*) para dar mayor vigor y resistencia.

Después de éste lapso, adicionar especies de rápido crecimiento (*V. guatemalensis*) para evitar la dominancia desde el inicio de una sola especie en el sistema.

- La siembra en fajas de tres o cinco líneas de una especie para fijación de carbono (*A. hunsteini*) y producción de madera (*V. guatemalensis*, *H. alchorneoides*, *E. deglupta*) combinadas entre sí. Podría ser una alternativa para lograr satisfactoriamente las metas del proyecto fijación de carbono y producción de madera, además que este tipo de sistemas de plantación permite un manejo silvicultural simplificado de raleos y cosecha.
- Se debe tomar en cuenta la orientación de las plantaciones mixtas preferentemente de este a oeste para favorecer la entrada de luz al sistema.
- Las plantaciones mixtas es un sistema recomendable porque pueden capturar más energía solar con diferentes especies y diferentes requerimientos al tener copas ampliamente distribuidas. Sin embargo, es necesario pensar en un espaciamiento inicial de siembra en donde esta condición se pueda cumplir a futuro.
- En algunos sistemas, la alta densidad actual y la fuerte competencia entre copas casi imposibilita la entrada de luz (radiación solar) dentro de la plantación, lo que provoca que no pueda crecer ningún tipo de sotobosque. Y por consiguiente, en sitios con topografía ondulada, se puede notar ciertos problemas de erosión superficial, lo cual no sería apropiado desde el punto de vista ambiental. Por ello, se sugiere abrir el dosel a través de raleos a edades más tempranas para facilitar la entrada de luz y la formación de un sotobosque. Lo que demuestra que esperar 10 años para realizar raleos y con densidades originales utilizadas es muy tardío.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Alice, F., Montagnini, F., Montero M., 2004. Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la estación biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. En *Agronomía Costarricense* 28(2): 61 -71.
- Alvarado, A., Raigosa, J., 2007. Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. Documento en preparación. Centro de Investigación Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José. Cr. 404 p.
- Andrade, H. 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 83 p.
- Astorga, G. 1999. Caracterización de variedades cultivadas de café (*Coffea arabica* L.) conservadas en el banco de germoplasma del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 112 p.
- Ball, J., Wormals, T., Russo, L. 1995. Experience with mixed and single species plantations. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 310-315.
- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Primera Ed. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.
- Brown, S., A.J.R. Gillespie and A. Lugo. 1989. Biomass Estimation Methods for tropical forest applications to Forest Inventory Data *Forest Science* 35(4): 881- 902.
- Brown, S., Lugo, A. 1984. Biomass of Tropical Forests: a new estimate based of forest volumes. *Science* 223(4342)1290-1293.
- Biofor. 2004. Guía de cubicación y transporte forestal. CONAP. Inab. Guatemala.
- Bueno, Celia. 2001. Diagnostico de la erosión en suelos cultivados de la caña de azúcar, estado de São Paulo, Brasil. Departamento de suelos de FCAV/UNESP (1): 1-6.

- Calderón, S. Gayoso J. Guerra J. Schlegel B. 2005. Inventarios Forestales para Contabilidad de carbono: Manual de procedimientos. INFOR – FONDEF – Universidad Austral de Chile. 45 p.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición/ Marlen Camacho, comp. Turrialba, CR. CATIE 2000. 52 p.
- Chave, J. 2005. Wood density measurement protocol. Measuring wood density for tropical forest trees. A field manual for the CTFS Cites. Lab. Evolution et Diversite Biologique Universite Paul Sabatier. Toulouse, France. 7 p.
- Cornelissen, JHC., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann N, Gurvich DE, Reich PB, Ter Steege H, Morgan HD, Van der Heijden MGA, Pausas JG, Poorter H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51:335-380.
- Ciesla, M. 1996. Cambio climatic, bisques y ordenación forestal: una visión de conjunto. Estudios FAO montes 126 roma. 147 p.
- Dawkins, HC. 1967. Wood production in tropical rainforest. *Journal of Applied Ecology* 4(1):20-21.
- Delgado, A., Montero, M., Murillo, O., Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1): 63-78
- Draper, N.R., Smith, H. 1998. *Applied Regression Analysis*. John Wiley & Sons Inc., New York, 3rd Ed.
- Dessler, Andrew y Parson, Edward. 2006. *The science and politics of global climate change*. Cambringe University Press. 190p.
- Evans, J. 1987a. Site and species selection – Changing perspectives. *Forest Ecology and Management* 21:299-310.

- Evans, J. 1987b. Overview of tree planting on farms in the tropics. En: Withington, D., MacDicken, K., Sastry, C., Adams, N. 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.
- Fearnside, PM. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90(1):59-89.
- Flores-Vindas, E., Obando-Vargas, G. 2003. Árboles del trópico húmedo. Importancia socioeconómica. Cartago. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 2003. 922 p.
- Ford A. y Robertson, F. 1971. Terminology of forest science technology practice and products. The multilingual forestry technology series 1. Washington DC. Society Americana Forests, 339 p.
- Galloway, G. 2005. *Silvicultura de Plantaciones* (2007, Turrialba, CR). 2005. El manejo forestal: la poda, el raleo y el manejo de rebrotes, conceptos básicos. Galloway, G. Turrialba, CR. 36 p.
- González, E., Fisher, R. 1994. Growth of native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106: 195-203.
- Guariguata, M., Rheingansm, R., Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantation in Costa Rica: Implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3:252-260.
- Heger, GH., Zwiwers, F., Braconot, P., Gillett, N., Lugo Y., Marengo, J., Nicholls, N., Penner, J., Stott, P., 2007. Understanding and attributing Climate Change. In: *Climate Change 2007. The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Solomon, S. Qin D., Mannung M., Chen Z., Marquis M., Averyt K., Tignor M., Miller

- H., (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. NY, USA. 84 p.
- Henríquez, C., Killom, R., Bertsch, F., Sancho, F. 2005. La geostatística en el estudio de la valoración espacial de la fertilidad del suelo del interpolador Kriging. En *Agronomía Costarricense* 29(2): 73-81.
- Hipkins, F. 1984. Photosynthesis In plan physiology. Malcomb. Wilkin (de). Greal Britain. 219 p.
- Hughes, C. 1994. Risks of species introductions in tropical forestry. *Commonwealth Forestry Review* 73(4):243-252.
- InfoStat (2004), versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 318 p.
- IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programmed, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Keenan, R., Lamb, D., Parrotta, J., Kikkawa, J. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9: 117-134.
- Keenan, R., Lamb, D., Sexton, G. 1995. Experience with mixed species rainforest plantation in North Queensland, *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 315-321.
- Lamb, D., Lawrence, P. 1993. Mixed species plantations using high value rainforest trees in Australia. En. Lieth; 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.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Deutche Gsellshatf Zusammenarbeit Rossdorf – Alemania, 335 p.

- Laurie, M.V. 1962. The changing face of forestry. *Empire Forestry Review* 41(2): 126-152.
- Liegel, L.H.; Balmer, W.E. y G.W. Ryan. Honduras pine spacing trial results in Puerto Rico. Río Piedras, Puerto Rico. *Southern Journal of Applied Forestry*, Vol. 9 (2): 69-75.
- López, J.C., Riaño, N.M., López Forero, Y. 2001. Características fotosintéticas de cinco especies forestales. *Revista Cenicafé* 52(3):161-169.
- López A. 1998. Aporte de los sistemas silvopastoriles al secuestro de carbono en el suelo. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 50 p.
- Louman, B., Quirós, D., Nilsson, M., Eds. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba – CR. 265 p.
- Lowe, M. 1984. Forestry and forest conservation in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review* 63(2): 129-136.
- Macdicken, K. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development.
- Méndez, E. 2001. Análisis espacial del tipo de uso de la tierra en la cuenca del río Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 73 p.
- Murillo, Olman. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 24(2): 41-47.
- 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. y Sancho, F. 1994. Nutrient budgets of young plantation as with native trees: strategies for sustained management. In: W. Bentley y M. Gowen (eds.). *Forest resources and wood-based biomass energy as rural development assets*. Winrock International and Oxford & IBH Publishing Co., New Dehli. Pp.213-233.

- Montesinos, J.L. 1995. Pino (*Pinus tecunumanii* Schiede), Revista Forestal Centroamericana No. 12, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Navarro de Andrade, E. 1941. An alien in Brazil. *American Forest* 47(7): 323-326.
- Niles, Jonh. 2002. Tropical Forest and Climate Change. En *Climate change policy: a survey*. Edited Sheneider S., Rosencranz A., Niles J., Island Press. 563 p.
- Orrego, S., del Valle, J., Moreno, F., Editores. 2003. Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático. Universidad Nacional de Colombia. Imp. Medellín – Col. 314 p.
- Ortiz, M. 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Cartago Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 71 p.
- Parrota, J., Turnbull, J., Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*. 99: 1-7.
- Pérez, E. Ruíz, C., Reyes F., Rojas J., Calero C., 2005. Potencial de plantaciones forestales y fijación de carbono en Nicaragua. Ministerio Agropecuario Forestal, Proyecto Forestal de Nicaragua. Imp. La Prensa. 178 pp.
- Petit, B., Montagnini F. 2004. Growth equations and rotation ages of ten native tree species in mixed and pure plantations in the humid Neotropics. *Forest Ecology and Management*. 199, 243–257.
- Petit, B., Montagnini F. 2006. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Reforest Ecology and Management*. 233, 338-343.
- Piotto, D., Viquez, E., Montagnini, F., Kanninen, M., 2004. Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *Forests Ecology and Management* 190, 359–372.

- Piotto, D., Montagnini, F., Ugalde, L., Kanninen, M., 2003a. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 177, 427–439.
- Piotto, D., Montagnini, F., Ugalde, L., Kanninen, M., 2003b. Performance of forest plantations in small and medium-sized farms in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 175, 195–204.
- Piotto, D. 2007. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forests Ecology and Management*. Article in press.
- Plan Maestro Finca EARTH y alrededores, Freddy Sancho, 1989. Clasificación Zonas de Vida. Leslie Holdridge, 1986, Centro Científico Tropical.
- Powers, J.S. 2001. Geographic variation in soil organic carbon dynamics following land-use change in Costa Rica. Ph. D. Duke University, Graduate School and Management of Biology, Durham, N.C. 281 p.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., Real p. 1997. *Mensura forestal*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José – CR. pp. 369 – 430.
- Redondo, A., Montagnini, F., 2006. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbono sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 232(2006) 168 – 178.
- Redondo, A. 2007. Growth, carbon sequestration, and management of native tree plantations in humid regions of Costa Rica. *New Forests*. 34:253-268.
- Rojas Ángel. 2003. *Ordenación forestal práctica*. Universidad de Tolima. Colombia. 1ª Edición. 167 p.
- Romero A., Barrantes, A. 1997. *Plan de manejo forestal finca comercial EARTH*, Guácimo, Limón. Comisión de desarrollo forestal de San Carlos, CODEFORSA. 57 p.

- Ruíz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 119p.
- Russo, R., Briscoe, C. 2002. Performance of Klinki (*Araucaria hunsteinii* K. Schuman) in the Humid Tropics of Costa Rica. *Journal of Sustainable Forestry*. 14(4) 13-18.
- Sancho, F., Mata, R. 1987. Estudio detallado de suelos. Estación Biológica La Selva. Organización Estudios Tropicales, San José, Costa Rica, 162 p.
- Scheaffer, R., Mendenhall, W., Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Sánchez R. Gómez J. (Trad.). México. Grupo editorial Iberoamérica. 321 p.
- Segura, M. 1999. Valoración del servicio ambiental de fijación y almacenamiento de carbono en bosque privados del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 115p.
- Shepherd, D., Montagnini, F. 2001. Above ground carbon sequestration potential in mixed and pure tree plantations in the humid tropics. *Journal of Tropical Forest Science* 13(3):450-459.
- Torres, J., Magaña, O. 2005. Evaluación de plantaciones forestales Editorial Limusa S.A. México DF. 472 pp.
- Ugalde, Luis. 2001. Guía para el establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación de crecimiento de árboles en investigación y programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA-SIL. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba – CR. 18 p.
- Vitousek, P.M. 1994. Beyond global warming ecology and global change. *Ecology* 75 (7): 1861-1876.
- Wadsworth, FH. 1997. Forest production for tropical America. United States department of agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.

Wormald, T. 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. FAO N° 103. 166 p.

Ziltener, TPJ, Finegan B, Sell J, Koellner T. En preparacion. Long-term dynamics of biomass accumulation and carbon sequestration in neotropical secondary forest permanent sample plots.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de la varianza de IMA-VOL por especie y sistemas mixtos en las Delicias y el CATIE

Grupo A. Las Delicias y El CATIE en el lote “Mohegan” con 4 especies

Sistema N° 1 Mohegan con *V. guatemalensis* en Las Delicias

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1.00	IMAS	250	0.65	0.65	62.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.27	3	0.09	154.79	<0.0001
Especie	0.27	3	0.09	154.79	<0.0001
Error	0.15	246	5.9E-04		
Total	0.42	249			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01015

Error: 0.0006 gl: 246

Especie	Medias	n		
ARAUHU*	1.1E-03	67	A	
SWIEMA*	2.7E-03	18	A	
VOCHGU*	0.05	142		B
EUCADG*	0.12	23		C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Sistema N° 2 Mohegan con *H. alchorneoides* en Las Delicias

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2.00	IMAS	222	0.48	0.47	92.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	3	0.01	66.64	<0.0001
Especie	0.04	3	0.01	66.64	<0.0001
Error	0.04	218	2.0E-04		
Total	0.08	221			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00682

Error: 0.0002 gl: 218

Especie	Medias	n		
SWIEMA*	2.4E-03	11	A	
ARAUHU*	3.7E-03	66	A	
HYERAL*	0.02	132		B
EUCADG*	0.06	13		C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Sistema N° 3 Mohegan con *D. panamensis* en Las Delicias

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3.00	IMAS	247	0.70	0.70	97.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.06	3	0.02	190.86	<0.0001
Especie	0.06	3	0.02	190.86	<0.0001
Error	0.03	243	1.1E-04		

Total 0.09 246

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00457

Error: 0.0001 gl: 243

Espece	Medias	n	
SWIEMA*	2.5E-03	17	A
ARAUHU*	0.01	64	A
DIPRPA*	0.01	150	A
EUCADG*	0.07	16	B

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

Sistema N° 4 Mohegan con *V. guatemalensis* en El CATIE

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4.00	IMAS	211	0.55	0.54	60.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	3	0.01	83.04	<0.0001
Espece	0.04	3	0.01	83.04	<0.0001
Error	0.03	207	1.5E-04		
Total	0.07	210			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00594

Error: 0.0002 gl: 207

Espece	Medias	n	
SWIEMA*	2.8E-03	14	A
ARAUHU*	4.4E-03	70	A
EUCADG*	0.02	11	B
VOCHGU*	0.03	116	C

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

Sistema 5 Mohegan con *H. alchorneoides* en El CATIE

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5.00	IMAS	130	0.02	0.00	93.81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.7E-05	3	1.2E-05	1.00	0.3974
Espece	3.7E-05	3	1.2E-05	1.00	0.3974
Error	1.6E-03	126	1.3E-05		
Total	1.6E-03	129			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00204

Error: 0.0000 gl: 126

Espece	Medias	n	
ARAUHU*	3.4E-03	38	A
HYERAL*	3.7E-03	70	A
SWIEMA*	3.8E-03	9	A
EUCADG*	0.01	13	A

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

Sistema N° 6 Mohegan con *D. panamensis* en El CATIE

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6.00	IMAS	175	0.42	0.41	137.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.7E-03	3	5.8E-04	40.54	<0.0001

Especie	1.7E-03	3	5.8E-04	40.54	<0.0001
Error	2.4E-03	171	1.4E-05		
Total	4.2E-03	174			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00194

Error: 0.0000 gl: 171

Especie	Medias	n			
DIPRPA*	1.4E-03	94	A		
SWIEMA*	2.5E-03	13	A	B	
ARAUHU*	2.8E-03	57		B	
EUCADG*	0.01	11			C

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

Sistema N° 7 Mohegan con *P. tecunumanii* en El CATIE

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7.00	IMAS	73	0.15	0.11	68.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.5E-04	3	5.1E-05	4.06	0.0102
Especie	1.5E-04	3	5.1E-05	4.06	0.0102
Error	8.6E-04	69	1.3E-05		
Total	1.0E-03	72			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00282

Error: 0.0000 gl: 69

Especie	Medias	n			
ARAUHU*	3.5E-03	29	A		
SWIEMA*	0.01	5	A	B	
EUCADG*	0.01	5	A	B	
PINUOO*	0.01	34		B	

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

GRUPO B. Las Delicias y El CATIE en los lotes “Mohegan” y “26 donantes”, con 3 especies

Sistema N° 8 Mohegan con *A. hunsteini* en Las Delicias

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8.00	IMAS	86	0.92	0.92	51.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.11	2	0.06	470.57	<0.0001
Especie	0.11	2	0.06	470.57	<0.0001
Error	0.01	83	1.2E-04		
Total	0.12	85			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00753

Error: 0.0001 gl: 83

Especie	Medias	n			
SWIEMA*	1.9E-03	7	A		
ARAUHU*	0.01	69	A		
EUCADG*	0.12	10			B

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

Sistema N° 9 Mohegan con *A. hunsteini* en El CATIE

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
9.00	IMAS	53	0.34	0.31	110.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.8E-04	2	9.2E-05	12.64	<0.0001
Especie	1.8E-04	2	9.2E-05	12.64	<0.0001
Error	3.6E-04	50	7.2E-06		
Total	5.5E-04	52			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00247*Error: 0.0000 gl: 50*

Especie	Medias	n		
ARAUHU*	1.9E-03	44	A	
SWIEMA*	2.2E-03	5	A	
EUCADG*	0.01	4		B

*Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)***Sistema N° 10 “26 donantes” con *V. guatemalensis* en Las Delicias**

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
10.00	IMAS	169	0.63	0.63	56.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.21	2	0.10	141.40	<0.0001
Especie	0.21	2	0.10	141.40	<0.0001
Error	0.12	166	7.4E-04		
Total	0.33	168			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01024*Error: 0.0007 gl: 166*

Especie	Medias	n		
ARAUHU*	0.01	41	A	
HYERAL*	0.04	71		B
VOCHGU*	0.09	57		C

*Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)***Grupo C. Las Delicias en los lotes “Con Col”, “TSF” y Pavones en el lote “km42”, con 2 especies****Sistema N° 14 “Cmeec” con *V. guatemalensis* en Las Delicias**

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
14.00	IMAS	199	0.37	0.37	59.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.14	1	0.14	116.35	<0.0001
Especie	0.14	1	0.14	116.35	<0.0001
Error	0.23	197	1.2E-03		
Total	0.37	198			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01089*Error: 0.0012 gl: 197*

Especie	Medias	n		
ARAUHU*	1.4E-03	36	A	
VOCHGU*	0.07	163		B

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

Sistema N° 15 “Cmeec” con *H. alchorneoides* en Las Delicias

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15.00	IMAS	187	0.17	0.16	80.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	1	0.01	37.54	<0.0001
Especie	0.01	1	0.01	37.54	<0.0001
Error	0.03	185	1.4E-04		
Total	0.03	186			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00403

Error: 0.0001 gl: 185

Especie Medias n

ARAUHU*	2.5E-03	30	A
HYERAL*	0.02	157	B

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

Sistema N° 16 “Cmeec” con *D. panamensis* en Las Delicias

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
16.00	IMAS	317	0.41	0.41	96.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	1	0.01	221.57	<0.0001
Especie	0.01	1	0.01	221.57	<0.0001
Error	0.01	315	3.0E-05		
Total	0.02	316			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00122

Error: 0.0000 gl: 315

Especie Medias n

ARAUHU*	1.7E-03	181	A
DIPRPA*	0.01	136	B

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

Sistema N° 18 “km 42” con *P. tecunumanii* en Pavones

sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
18.00	IMAS	70	0.25	0.24	60.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.8E-04	1	8.8E-04	22.42	<0.0001
Especie	8.8E-04	1	8.8E-04	22.42	<0.0001
Error	2.7E-03	68	3.9E-05		
Total	3.5E-03	69			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00311

Error: 0.0000 gl: 68

Especie Medias n

ARAUHU*	4.9E-03	21	A
PINUOO*	0.01	49	B

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

Anexo 2. Análisis de la varianza en IMA-VOL para los sistemas N° 1 y N° 4 ubicados en los sitios Las Delicias y CATIE.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IMAS	520	0.62	0.62	82.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.36	7	0.05	120.19	<0.0001
lugar	0.05	1	0.05	109.17	<0.0001
Especie	0.21	3	0.07	162.48	<0.0001
lugar*Especie	0.08	3	0.03	64.95	<0.0001
Error	0.22	512	4.3E-04		
Total	0.58	519			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00356

Error: 0.0004 gl: 512

lugar	Medias	n	
2.00	0.01	240	A
1.00	0.04	280	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00608

Error: 0.0004 gl: 512

Especie	Medias	n	
ARAUHU*	2.2E-03	168	A
SWIEMA*	2.5E-03	35	A
VOCHGU*	0.04	279	B
EUCADG*	0.07	38	C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00864

Error: 0.0004 gl: 512

lugar	Especie	Medias	n	
1.00	ARAUHU*	9.3E-04	78	A
1.00	SWIEMA*	2.4E-03	20	A
2.00	SWIEMA*	2.6E-03	15	A
2.00	ARAUHU*	3.4E-03	90	A
2.00	EUCADG*	0.02	15	B
2.00	VOCHGU*	0.03	120	C
1.00	VOCHGU*	0.04	159	D
1.00	EUCADG*	0.12	23	E

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Anexo 3. Análisis de la varianza IMA-VOL para los sistemas N° 2 y N° 5 ubicados en los sitios Las Delicias y CATIE.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IMAS	374	0.52	0.51	103.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	8	0.01	50.18	<0.0001
lugar	0.01	1	0.01	79.00	<0.0001
Especie	0.02	4	0.01	46.39	<0.0001
lugar*Especie	0.02	3	0.01	45.63	<0.0001
Error	0.05	365	1.3E-04		
Total	0.10	373			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00235

Error: 0.0001 gl: 365

lugar	Medias	n	
2.00	4.1E-03	130	A
1.00	0.02	244	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00488

Error: 0.0001 gl: 365

Especie	Medias	n	
SWIEMA*	3.1E-03	20	A
ARAUHU*	3.7E-03	116	A
HYERAL*	0.01	202	A
DIPRPA*	0.01	10	A
EUCADG*	0.03	26	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00622

Error: 0.0001 gl: 365

lugar	Especie	Medias	n		
2.00	DIPRPA*	sd	0	A	
1.00	SWIEMA*	2.4E-03	11		B
2.00	ARAUHU*	3.4E-03	38		B
2.00	HYERAL*	3.7E-03	70		B
2.00	SWIEMA*	3.8E-03	9		B
1.00	ARAUHU*	4.0E-03	78		B
2.00	EUCADG*	0.01	13		B
1.00	DIPRPA*	0.01	10	B	C
1.00	HYERAL*	0.02	132		C
1.00	EUCADG*	0.06	13		D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Anexo 4. Análisis de la varianza IMA-VOL para los sistemas N° 3 y N° 6 ubicados en los sitios Las Delicias y CATIE.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IMAS	422	0.71	0.70	112.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	7	0.01	144.19	<0.0001
Especie	0.04	3	0.01	174.05	<0.0001
lugar	0.01	1	0.01	178.73	<0.0001
Especie*lugar	0.02	3	0.01	79.02	<0.0001
Error	0.03	414	6.9E-05		
Total	0.10	421			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00277

Error: 0.0001 gl: 414

Especie	Medias	n	
SWIEMA*	2.5E-03	30	A
DIPRPA*	4.3E-03	244	A
ARAUHU*	4.4E-03	121	A
EUCADG*	0.04	27	B

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00161

Error: 0.0001 gl: 414

lugar	Medias	n	
2.00	0.01	175	A
1.00	0.02	247	B

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00394

Error: 0.0001 gl: 414

Especie	lugar	Medias	n				
DIPRPA*	2.00	1.4E-03	94	A			
SWIEMA*	1.00	2.5E-03	17	A	B		
SWIEMA*	2.00	2.5E-03	13	A	B	C	
ARAUHU*	2.00	2.8E-03	57	A	B	C	
ARAUHU*	1.00	0.01	64		B	C	
DIPRPA*	1.00	0.01	150			C	
EUCADG*	2.00	0.01	11				D
EUCADG*	1.00	0.07	16				E

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

Anexo5. Análisis de varianza en IMA-VOL por sistema mixto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IMAS	2930	0.29	0.28	125.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.80	15	0.05	78.73	<0.0001
sistema	0.80	15	0.05	78.73	<0.0001
Error	1.98	2914	6.8E-04		
Total	2.78	2929			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00585

Error: 0.0007 gl: 2914

sistema	Medias	n					
9.00	2.4E-03	53	A				
6.00	2.8E-03	175	A				
5.00	3.8E-03	130	A				
7.00	0.01	73	A	B			
15.00	0.01	317	A	B			
18.00	0.01	70	A	B	C		
3.00	0.01	247		B	C		
16.00	0.01	187			C		
2.00	0.02	222			C	D	
9.00	0.02	484				D	
4.00	0.02	211				D	
8.00	0.02	86				D	
1.00	0.04	250					E
10.00	0.05	169					F
14.00	0.06	199					G

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Anexo 6. Análisis de las muestras de suelos fertilidad en las Delicias



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, TEJIDO VEGETAL Y AGUAS.

TEL: (506) 5582377. FAX (506)5582060. [Http://www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

Nombre del Cliente:	Pablo Cuenca.	No. Reporte:	NR08-46-ORIG.
Nombre Agricultor:		Emisión:	26/05/08.
Dirección del sitio:	Delicias, Pocora, Limón.	Responsable:	P. Leandro.
Tipo de muestra:	Suelo.		
Fecha Ingreso:	07/05/2008		
Fecha Análisis:	21-22/05/2008.		
Método Análisis:	Extracción en Olsen Modificado pH 8.5, para determinación de Cu, Zn, Mn, Fe, K y P. Extracción en Cloruro de Potasio 1N para determinación de Ca, Mg y Acidez Extraíble. pH en agua. Aluminio extraíble extraído con KCl 1N y determinado por doble titulación. Carbono Orgánico por método de combustión total, previa eliminación de carbonatos.		

No.	Pendiente	Prof.	pH	Al ext	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	C.O.
Lab.	Sp. Plat. Pura	(cm)	H ₂ O	-----cmol(+)/l-----				mg/l	-----mg/l-----				%	
LS08-312	Alta	0-20	4.42	0.75	0.86	0.13	0.09	0.06	2.90	16.7	1.4	13.8	179	4.60
LS08-313	Alta	20-40	4.81	0.15	0.24	0.17	0.09	0.03	1.20	10.9	0.5	7.7	97	2.90
LS08-314	Alta	40-60	4.93	N.D.	0.07	0.10	0.08	0.01	1.20	6.3	0.7	5.0	81	1.98
LS08-315	Media	0-20	4.98	0.13	0.19	0.08	0.07	0.03	1.50	10.6	0.3	7.2	168	2.83
LS08-316	Media	20-40	4.98	N.D.	0.10	0.08	0.08	0.02	1.90	10.5	0.4	7.8	123	2.39
LS08-317	Media	40-60	4.96	N.D.	0.06	0.07	0.05	0.01	1.50	5.4	0.3	5.6	74	1.74
LS08-318	Baja	0-20	5.38	0.34	0.41	1.24	0.74	0.06	1.40	11.2	1.3	8.7	119	5.20
LS08-319	Baja	20-40	5.56	0.09	0.18	0.50	0.20	0.02	1.80	6.6	0.6	3.9	63	3.13
LS08-320	Baja	40-60	5.88	N.D.	0.10	0.35	0.10	0.02	5.70	3.5	0.4	2.3	37	1.63
LS08-321	H. alchomeoides	0-20	4.40	1.46	1.86	0.35	0.27	0.08	3.10	14.9	2.6	21.5	154	7.50
LS08-322	H. alchomeoides	20-40	4.61	0.61	0.79	0.15	0.11	0.03	0.90	11.4	0.7	9.6	144	4.78
LS08-323	H. alchomeoides	40-60	4.84	0.36	0.45	0.12	0.09	0.03	0.60	8.5	0.4	6.2	118	3.98
LS08-324	A. hunteini	0-20	4.58	0.93	1.18	0.22	0.10	0.04	2.90	15.6	1.6	16.7	197	5.27
LS08-325	A. hunteini	20-40	4.80	0.40	0.54	0.19	0.07	0.03	1.50	14.4	0.8	9.4	190	4.61
LS08-326	A. hunteini	40-60	4.92	0.38	0.52	0.22	0.08	0.03	1.20	15.7	0.9	11.2	177	4.68
LS08-327	V. guatemalensi	0-20	4.61	1.12	1.42	0.52	0.23	0.06	2.70	14.1	3.4	41.1	124	5.45
LS08-328	V. guatemalensi	20-40	4.72	0.53	0.65	0.14	0.05	0.02	0.60	11.4	1.9	14.4	109	3.54
LS08-329	V. guatemalensi	40-60	4.90	0.24	0.39	0.10	0.10	0.01	0.60	11.8	1.7	5.3	131	3.03

Anexo 7. Análisis de las muestras de suelos textura en las Delicias

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, TEJIDO VEGETAL Y AGUAS.
TEL: (506) 5582377. FAX (506)5582060. [Http://www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

Nombre del Técnico: Pablo Cuenca. No. Reporte:
Nombre Agricultor: Emisión:
Dirección del sitio: Delicias, Pocora, Limón. Responsable:
Tipo de muestra: Suelo.
Fecha Ingreso: 07/05/2008.
Fecha Análisis: 15-16/05/08.
Método Análisis: Granulometría por método de Bouyucos.
Lectura Inicial: 40 segundos
Lectura final: 2 horas

No.		Pendiente	Prof.	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA
Lab.		Sp. Plat. Pura	(cm)	----- % -----			
LS08-312		Alta	0-20	76.6	15.6	7.9	Franco arenoso
LS08-313		Alta	20-40	78.6	15.6	5.9	Arenoso franco
LS08-314		Alta	40-60	74.5	19.6	5.9	Franco arenoso
LS08-315		Media	0-20	78.5	15.5	6.0	Arenoso franco
LS08-316		Media	20-40	80.5	15.5	4.0	Arenoso franco
LS08-317		Media	40-60	72.5	23.5	4.0	Franco arenoso
LS08-318		Baja	0-20	78.4	15.5	6.1	Arenoso franco
LS08-319		Baja	20-40	80.9	13.8	5.3	Arenoso franco
LS08-320		Baja	40-60	74.7	18.0	7.3	Franco arenoso
LS08-321	H. alchomeoides		0-20	72.7	14.0	13.3	Franco arenoso
LS08-322	H. alchomeoides		20-40	74.7	18.0	7.4	Franco arenoso
LS08-323	H. alchomeoides		40-60	72.7	16.0	11.4	Franco arenoso
LS08-324	A. huntelini		0-20	72.7	17.9	9.4	Franco arenoso
LS08-325	A. huntelini		20-40	80.9	15.8	3.3	Arenoso franco
LS08-326	A. huntelini		40-60	80.7	13.9	5.4	Arenoso franco
LS08-327	V. guatemalensi		0-20	72.6	18.0	9.4	Franco arenoso
LS08-328	V. guatemalensi		20-40	78.6	15.9	5.5	Arenoso franco
LS08-329	V. guatemalensi		40-60	80.6	13.9	5.5	Arenoso franco

Anexo 8. Análisis de las muestras de suelos fertilidad CATIE

Nombre del Cliente: Pablo Guenoa. No. Reporte: NR08-88-OR16.
 Nombre Agricultor: Emisión: 17/08/2008.
 Dirección del sitio: CATIE, Turrialba, Cartago. Responsable: P.Leandro.
 Tipo de muestra: Suelo.
 Fecha Ingreso: 28/06/2008
 Fecha Análisis: 04-06/08/2008.
 Método Análisis: Extracción en Olsen Modificado pH 8.5, para determinación de Cu, Zn, Mn, Fe, K y P.
 Extracción en Cloruro de Potasio 1N para determinación de Ca, Mg y Acidez Extraíble.
 pH en agua.
 Aluminio extraíble extraído con KCl 1N y determinado por doble titulación.
 Carbono Orgánico por método de combustión total, previa eliminación de carbonatos.

No.	Lugar	Prof.	pH	Al ext	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	C.O.	M.O.
Lab.	Sp. Plant. Pura	(cm)	H ₂ O	-----omol(+)/l-----				mg/l	-----mg/l-----			%	%		
L808-463	Angel	0-20	5.34	0.54	0.77	5.53	1.22	0.11	5.3	14.5	2.9	47.0	234	3.47	5.98
L808-464	Angel	20-40	5.84	0.02	0.12	9.23	1.77	0.04	2.4	19.0	3.5	41.8	146	3.41	5.88
L808-465	Angel	40-60	6.28	0.02	0.07	7.08	1.55	0.04	3.1	13.8	1.6	9.9	70	1.10	1.90
L808-466	Mulas	0-20	5.73	0.14	0.26	7.79	1.21	0.16	4.2	19.9	2.5	34.1	141	2.39	4.12
L808-467	Mulas	20-40	6.19	0.02	0.08	7.11	1.32	0.06	3.8	15.7	0.6	16.9	66	0.91	1.57
L808-468	Mulas	40-60	6.30	0.02	0.08	6.43	2.12	0.06	2.9	17.4	1.0	8.4	51	0.65	1.11
L808-469	San Juan Sur	0-20	5.63	0.18	0.36	3.83	1.57	0.39	5.2	17.0	11.5	4.8	202	8.95	15.43
L808-480	San Juan Sur	20-40	5.56	0.43	0.62	0.77	0.27	0.29	1.7	15.3	2.5	1.7	119	6.95	11.98
L808-481	San Juan Sur	40-60	5.53	0.42	0.60	0.74	0.24	0.12	1.7	11.9	0.9	1.3	116	5.93	10.23
L808-482	S. macrophylla	0-20	5.16	1.19	1.51	4.65	0.59	0.21	11.1	27.8	10.7	22.2	238	3.56	6.13
L808-483	S. macrophylla	20-40	5.57	0.54	0.76	4.78	0.81	0.21	7.3	17.3	1.9	10.8	153	2.71	4.68
L808-484	S. macrophylla	40-60	5.59	0.50	0.72	5.02	1.06	0.35	9.2	16.4	1.2	7.9	139	1.51	2.61
L808-485	D. panamensi	0-20	5.47	0.15	0.38	4.16	2.51	0.12	3.4	21.4	2.4	20.2	196	3.56	6.14
L808-486	D. panamensi	20-40	5.55	0.15	0.36	3.40	1.90	0.22	3.5	18.5	0.9	24.2	93	2.23	3.85
L808-487	D. panamensi	40-60	5.50	0.23	0.43	2.64	1.81	0.04	3.3	13.6	0.7	10.1	51	1.16	1.99

Anexo 9. Análisis de las muestras de suelos textura CATIE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, TEJIDO VEGETAL Y AGUAS.

TEL: (506) 5582377. FAX (506)5582060. [Http://www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

Nombre del Técnico:	Pablo Cuenca.	No. Reporte:	NR08-63-ORIG.
Nombre Agricultor:		Emisión:	26/06/2008.
Dirección del sitio:	CATIE, Turrialba, Cartago.	Responsable:	P.Leandro.
Tipo de muestra:	Suelo.		
Fecha Ingreso:	23/05/2008		
Fecha Análisis:	18-19,23/06/2008		
Método Análisis:	Granulometría por método de Bouyucos.		
	Lectura inicial: 40 segundos		
	Lectura final: 2 horas		

No.		Lugar	Prof.		ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA
Lab.		Sp. Plant. Pura	(cm)		----- % -----			
L808-	453	Angel	0-20		45.0	31.7	23.4	Franco
L808-	454	Angel	20-40		39.0	31.6	29.4	Franco arcilloso
L808-	455	Angel	40-60		31.0	27.6	41.4	Arcilloso
L808-	456	Mulas	0-20		33.0	33.6	33.5	Franco arcilloso
L808-	457	Mulas	20-40		18.9	29.6	51.5	Arcilloso
L808-	458	Mulas	40-60		18.9	29.6	51.5	Arcilloso
L808-	459	San Juan Sur	0-20		74.9	17.6	7.5	Franco arenoso
L808-	460	San Juan Sur	20-40		68.9	23.6	7.5	Franco arenoso
L808-	461	San Juan Sur	40-60		64.9	27.6	7.6	Franco arenoso
L808-	462	S. macrophylla	0-20		46.9	27.7	25.4	Franco arcillo-arenoso
L808-	463	S. macrophylla	20-40		40.9	25.7	33.4	Franco arcilloso
L808-	464	S. macrophylla	40-60		27.2	23.7	49.1	Arcilloso
L808-	465	D. panamensi	0-20		51.2	23.8	25.1	Franco arcillo-arenoso
L808-	466	D. panamensi	20-40		37.2	23.7	39.1	Franco arcilloso
L808-	467	D. panamensi	40-60		21.1	19.6	59.2	Arcilloso

Anexo 10. Fotografías del nivel freático del suelo en el CATIE, subsitio “Angel” y “Mulas”



Foto1: Nivel freático en los sitios “Angel” y Mulas” en El CATIE, plantaciones mixtas.



Foto 2: Nivel freático en los sitios “Angel” y Mulas” en El CATIE, plantaciones mixtas.

Anexo 11. Promedios por sistema (lote) mixtos y puros de árboles en pie en el sitio Las Delicias

Sistema MiraSilv
REFOREST THE TROPICS

12/04/2009

Promedios por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR		Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)										Ns. Sitio: 001										Nombre del sitio: DELICIAS - POCORA									
Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Arb. Orl. (pa.)	Arb. Vlv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Vlv. (ha)	Área del Muest. (m ²)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	IMA DAP (cm)	Altura total (m)	IMA AIt. (m)	AIt. Dom. (m)	Índice Sitio (m)	Área Basal (m ² /Ha)	ICA Área Basal (m ² /Ha)	Vol. Tot. (m ³ /ha)	ICA Vol. Tot. (m ³ /ha)	IMA VT (m ³ /ha por año)	Vol. Lote por especie (m ³)							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	MIXTAS*	68	62	91	802	5600	6.83	15.4	2.7	11.2	1.9	12.3	—	23.7	5.4	164.8	62.6	26.7	1351.0							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7		0	0		0	5600	6.83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	ARAUHU	19	17	89	221	5600	6.83	5.1	0.9	4.8	0.8	6.3	—	0.5	0.1	1.4	0.5	0.2	11.7							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	EUCADG	5	5	100	64	5600	6.83	27.1	4.7	19.3	3.3	19.3	—	3.9	1.0	36.6	15.6	6.4	300.3							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	SWIEMA	4	4	100	55	5600	6.83	6.4	1.1	6.7	1.2	6.7	—	0.2	0.0	0.7	0.2	0.1	6.1							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	VOCHGU	40	36	90	461	5600	6.83	23.0	4.0	14.1	2.4	16.8	—	19.1	4.1	126.0	46.2	21.9	1032.9							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	MIXTAS*	68	57	84	906	2560	4.30	13.1	2.2	10.9	1.8	11.9	—	13.1	3.1	79.2	28.3	13.4	472.0							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4		0	0		0	2560	4.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	ARAUHU	19	17	89	270	2560	4.30	8.2	1.4	7.0	1.2	9.0	—	1.5	0.3	5.6	1.9	0.9	33.1							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	EUCADG	5	3	60	55	2560	4.30	22.2	3.8	18.3	3.1	18.3	—	2.3	0.6	20.4	7.4	3.4	121.4							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	HYERAL	40	33	83	520	2560	4.30	14.9	2.5	11.8	2.0	14.0	—	9.1	2.1	52.5	18.9	8.9	312.7							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	SWIEMA	4	4	100	63	2560	4.30	6.9	1.2	6.5	1.1	6.5	—	0.2	0.0	0.8	0.2	0.1	4.9							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	MIXTAS*	69	62	90	977	2560	3.26	12.7	2.2	11.1	1.9	12.2	—	9.8	2.4	59.6	21.7	10.4	467.8							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4		0	0		0	2560	3.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	ARAUHU	19	16	84	250	2560	3.26	10.0	1.7	7.6	1.3	9.5	—	2.1	0.7	8.6	4.0	1.5	67.9							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	DIPRPA	40	38	95	594	2560	3.26	9.9	1.7	11.1	1.9	13.4	—	4.6	1.1	24.4	9.2	4.2	191.3							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	EUCADG	5	4	80	63	2560	3.26	24.3	4.2	19.2	3.3	19.2	—	2.9	0.6	25.6	6.3	4.5	201.0							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	SWIEMA	5	4	80	70	2560	3.26	6.9	1.2	6.7	1.2	6.7	—	0.3	0.0	1.0	0.2	0.2	7.6							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	MIXTAS*	50	42	84	672	1280	6.50	16.0	2.7	12.4	2.1	13.0	—	12.5	3.2	82.6	28.3	14.2	162.6							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2		0	0		0	1280	6.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	ARAUHU	40	34	85	539	1280	6.50	13.0	2.2	8.3	1.4	10.1	—	7.1	2.1	27.7	10.2	4.8	54.6							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	EUCADG	5	5	100	78	1280	6.50	29.1	5.0	23.1	4.0	23.1	—	5.2	1.1	54.2	18.0	9.3	106.8							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	SWIEMA	5	3	60	55	1280	6.50	5.9	1.0	5.6	1.0	5.6	—	0.2	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2							
29/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	MIXTAS*	70	58	83	509	3456	13.61	21.6	2.4	16.4	1.8	18.3	—	23.3	1.9	213.9	50.2	23.8	543.3							
28/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	ARAUHU	23	16	70	139	3456	13.61	9.9	1.1	8.6	1.0	10.3	—	1.1	0.1	5.7	1.1	0.6	14.4							
28/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	HYERAL	25	23	92	205	3456	13.61	20.8	2.3	20.8	2.3	22.6	—	7.1	1.0	67.7	19.4	7.5	171.8							
28/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	VOCHGU	22	19	86	165	3456	13.61	34.2	3.8	19.8	2.2	22.2	—	15.2	0.9	140.6	29.7	15.6	357.1							
23/04/08	88	7.3	1.37	Nº 11	2	MIXTAS*	59	53	90	552	1920	14.01	20.1	2.7	14.2	1.9	16.1	—	30.7	0.0	285.1	0.0	36.9	390.5							
23/04/08	88	7.3	1.37	Nº 11	2	ARAUHU	19	14	74	146	1920	14.01	9.6	1.3	8.2	1.1	9.7	—	1.1	—	5.0	—	0.7	6.8							
23/04/08	88	7.3	1.37	Nº 11	2	VOCHGU	40	39	98	406	1920	14.01	30.5	4.2	20.3	2.8	22.5	—	29.6	—	280.1	—	38.2	383.7							
11/04/08	87	7.3	1.40	Nº 12	2	MIXTAS*	58	48	83	500	1920	13.71	15.4	2.1	11.3	1.6	13.1	—	11.6	1.6	75.7	17.9	10.4	106.0							
11/04/08	87	7.3	1.40	Nº 12	2	ARAUHU	17	9	53	94	1920	13.71	12.7	1.8	9.2	1.3	9.6	—	1.1	0.2	5.3	1.8	0.7	7.4							
11/04/08	87	7.3	1.40	Nº 12	2	HYERAL	41	39	95	406	1920	13.71	18.1	2.5	13.5	1.9	16.5	—	10.5	1.4	70.4	16.0	9.7	98.6							
22/04/08	88	7.3	0.95	Nº 13	2	MIXTAS*	101	83	82	875	1920	20.21	9.1	1.2	7.4	1.0	10.1	—	5.2	0.0	26.9	0.0	3.7	25.6							
22/04/08	88	7.3	0.95	Nº 13	2	ARAUHU	69	55	80	578	1920	20.21	4.9	0.7	2.9	0.4	6.2	—	1.1	—	3.0	—	0.4	2.8							
22/04/08	88	7.3	0.95	Nº 13	2	DIPRPA	32	28	88	297	1920	20.21	13.3	1.8	11.8	1.6	14.1	—	4.2	—	24.0	—	3.3	22.8							
11/04/08	87	7.3	1.96	Nº 14	3	MIXTAS*	92	78	85	819	2880	14.69	15.4	2.1	10.6	1.5	12.9	—	32.6	4.5	287.6	73.7	39.7	563.6							
11/04/08	87	7.3	1.96	Nº 14	3	ARAUHU	32	24	75	253	2880	14.69	4.1	0.6	2.8	0.4	4.5	—	0.4	-0.5	1.3	0.0	0.2	2.6							
11/04/08	87	7.3	1.96	Nº 14	3	VOCHGU	60	54	90	566	2880	14.69	26.7	3.7	18.3	2.5	21.3	—	32.2	5.0	286.2	73.7	39.5	561.0							
10/04/08	87	7.3	2.33	Nº 15	3	MIXTAS*	84	66	79	698	2880	12.36	10.8	1.5	8.0	1.1	10.2	—	11.5	2.0	70.2	22.7	9.7	163.6							
10/04/08	87	7.3	2.33	Nº 15	3	ARAUHU	26	14	54	149	2880	12.36	5.6	0.8	3.6	0.5	4.7	—	0.5	-0.1	2.0	0.9	0.3	4.6							
10/04/08	87	7.3	2.33	Nº 15	3	HYERAL	58	52	90	549	2880	12.36	15.9	2.2	12.4	1.7	15.7	—	11.0	2.1	68.2	21.8	9.4	159.0							
10/04/08	87	7.3	2.38	Nº 16	4	MIXTAS*	116	84	72	883	3840	16.13	9.8	1.3	8.5	1.2	10.8	—	6.6	1.3	34.4	10.5	4.7	81.9							
10/04/08	87	7.3	2.38	Nº 16	4	ARAUHU	63	50	79	529	3840	16.13	6.4	0.9	4.7	0.7	7.5	—	1.8	0.3	6.0	2.2	0.8	14.2							
10/04/08	87	7.3	2.38	Nº 16	4	DIPRPA	53	34	64	354	3840	16.13	13.1	1.8	12.2	1.7	14.2	—	4.8	0.9	28.4	8.3	3.9	67.6							
23/04/08	88	7.3	0.00	PURA	2	HYERAL	39	38	97	602	1280	—	17.2	2.3	13.8	1.9	16.9	—	14.0	—	94.5	—	12.9	0.0							
01/04/08	57	4.8	0.00	PURA2	2	ARAUHU	80	78	98	818	1920	—	12.7	2.7	7.6	1.6	9.4	—	10.3	4.3	36.9	19.6	7.8	0.0							
10/04/08	88	7.3	0.00	PURA3	1	VOCHGU	60	51	85	531	960	—	29.2	4.0	18.4	2.5	21.0	—	35.7	6.0	315.6	101.3	43.0	0.0							
05/12/07	111	9.3	0.00	PURA3	1	VOCHGU	52	33	63	314	1050	—	34.1	3.7	27.5	3.0	30.3	—	28.7	24.4	360.6	308.8	39.0	0.0							

Anexo 12. Promedios por sistema (lote) mixtos y puros de árboles en pie en el sitio El CATIE

Sistema MiraSilv

12/04/2009

REFOREST THE TROPICS

Promedios por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR

Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 002

Nombre del sitio: CATIE-TURRIALBA

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Ori. (pa.)	Árb. Vív. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Vív. (ha)	Área del Mueest. (m2)	Intens. del Mueest. (%)	DAP Prom. (cm)	IMA DAP (cm)	Altura total (m)	IMA Alt. (m)	Alt. Dom. (m)	Índice Sitio (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	MIXTAS*	79	68	86	693	4000	6.45	11.5	2.0	8.1	1.4	9.0	—	14.3	4.7	69.5	34.2	11.9	430.8
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	ARAUHU	29	23	79	230	4000	6.45	7.2	1.2	5.2	0.9	7.0	—	1.3	0.6	4.5	3.1	0.8	27.8
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	EUCADG	5	3	60	35	4000	6.45	11.3	1.9	9.8	1.7	9.8	—	0.5	0.1	3.5	1.1	0.6	21.8
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	SWIEMA	5	4	80	45	4000	6.45	7.4	1.3	7.0	1.2	7.0	—	0.2	0.1	0.7	0.3	0.1	4.4
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	VOCHGU	40	38	95	383	4000	6.45	19.9	3.4	10.3	1.8	12.3	—	12.3	3.9	60.8	29.6	10.4	376.8
10/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	MIXTAS*	79	75	95	755	2000	5.25	8.4	1.5	6.5	1.1	7.5	—	4.1	2.0	14.1	9.3	2.5	53.8
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	ARAUHU	29	29	100	290	2000	5.25	7.4	1.3	4.2	0.7	6.1	—	1.3	0.7	3.8	2.9	0.7	14.5
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	EUCADG	6	6	100	65	2000	5.25	8.6	1.5	8.3	1.5	8.3	—	0.4	0.1	2.0	0.9	0.4	7.6
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	HYERAL	39	35	90	350	2000	5.25	8.4	1.5	6.9	1.2	8.9	—	2.0	1.0	7.3	4.8	1.3	28.0
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	SWIEMA	5	5	100	50	2000	5.25	9.2	1.6	6.5	1.2	6.5	—	0.3	0.2	1.0	0.6	0.2	3.8
03/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	MIXTAS*	79	64	81	650	3000	6.26	8.0	1.3	5.7	1.0	6.6	—	2.8	1.0	9.2	4.2	1.6	44.2
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	ARAUHU	29	22	76	227	3000	6.26	7.4	1.3	4.5	0.8	5.8	—	1.2	0.5	3.1	1.8	0.5	14.8
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	DIPRPA	40	34	85	340	3000	6.26	5.4	0.9	4.9	0.8	7.0	—	0.8	0.2	2.5	1.0	0.4	11.8
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	EUCADG	5	4	80	40	3000	6.26	11.6	2.0	8.6	1.4	8.6	—	0.6	0.1	3.1	1.1	0.5	14.7
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	SWIEMA	5	4	80	43	3000	6.26	7.4	1.3	5.0	0.8	5.0	—	0.2	0.1	0.6	0.3	0.1	3.0
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	MIXTAS*	80	73	91	730	1000	5.24	10.4	1.8	7.3	1.3	8.1	—	6.4	3.3	22.0	14.2	3.8	42.1
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	ARAUHU	30	29	97	290	1000	5.24	9.2	1.6	5.7	1.0	7.4	—	1.9	1.0	5.8	3.7	1.0	11.1
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	EUCADG	5	5	100	50	1000	5.24	9.9	1.7	8.7	1.5	8.7	—	0.4	0.1	1.7	0.6	0.3	3.2
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	PINUJO	40	34	85	340	1000	5.24	11.6	2.0	7.4	1.3	8.9	—	3.6	1.9	13.0	8.9	2.3	24.8
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	SWIEMA	5	5	100	50	1000	5.24	10.8	1.9	7.6	1.3	7.6	—	0.5	0.2	1.5	1.0	0.3	2.9
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	MIXTAS*	60	55	92	550	1000	4.42	8.9	1.6	6.4	1.1	7.0	—	2.6	1.5	7.3	4.8	1.3	16.4
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1		0	0		0	1000	4.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	ARAUHU	50	46	92	460	1000	4.42	7.4	1.3	4.1	0.7	6.0	—	2.0	1.3	4.6	3.6	0.8	10.5
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	EUCADG	5	4	80	40	1000	4.42	11.6	2.0	9.6	1.7	9.6	—	0.4	0.1	2.0	0.9	0.3	4.5
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	SWIEMA	5	5	100	50	1000	4.42	7.9	1.4	5.5	1.0	5.5	—	0.2	0.1	0.6	0.3	0.1	1.4
10/03/08	56	4.7	0.00	PURA4	2	SWIEMA	36	33	92	458	1440	—	10.2	2.2	7.6	1.6	9.1	—	3.7	—	13.2	—	2.8	0.0
12/05/08	83	6.9	0.00	PURA5	2	DIPRPA	35	33	94	521	1280	—	5.9	0.9	5.0	0.7	7.2	—	1.5	—	4.4	—	0.6	0.0

Anexo 13. Promedios por sistema (lote) mixtos y puros de árboles en pie en el sitio STF (Super Nut, Tournon Folly) y Pavones

Sistema MiraSilv

12/04/2009

REFOREST THE TROPICS

Promedios por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 004

Nombre del sitio: FRANCES-CACTU

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Ori. (pa.)	Árb. Viv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Viv. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	IMA DAP (cm)	Altura total (m)	IMA Alt (m)	Alt. Dom. (m)	Índice Sitio (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)
06/03/08	30	2.5	3.30	Nº 17	3	MIXTAS*	86	84	98	1041	2448	7.42	5.2	2.1	4.3	1.7	5.5	-	2.0	0.0	3.7	0.0	1.5	12.3
06/03/08	30	2.5	3.30	Nº 17	3	ARAUHU	69	68	99	839	2448	7.42	4.6	1.8	3.2	1.3	4.8	-	1.4	-	2.2	-	0.9	7.4
06/03/08	30	2.5	3.30	Nº 17	3	SWIEMA	17	16	94	201	2448	7.42	5.8	2.3	5.3	2.1	6.2	-	0.6	-	1.5	-	0.6	4.9

Promedios por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 005

Nombre del sitio: PAVONES-KM42

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Ori. (pa.)	Árb. Viv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Viv. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	IMA DAP (cm)	Altura total (m)	IMA Alt (m)	Alt. Dom. (m)	Índice Sitio (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)
14/03/08	77	6.4	0.00	Nº 18	2	MIXTAS*	84	73	87	709	2085	-	14.2	2.2	8.1	1.3	10.0	-	13.1	2.9	53.0	14.9	8.3	0.0
14/03/08	77	6.4	0.00	Nº 18	2	ARAUHU	27	23	85	225	2085	-	11.8	1.8	7.6	1.2	9.0	-	2.5	0.8	9.8	3.2	1.5	0.0
14/03/08	77	6.4	0.00	Nº 18	2	PINUJO	57	50	88	484	2085	-	16.6	2.6	8.6	1.3	11.0	-	10.6	2.1	43.2	11.7	6.7	0.0

Anexo 14. Promedios por sistema (lote) mixtos de mediciones con raleo

Sistema MiraSilv
REFOREST THE TROPICS

13/04/2009

Promedios por Lote de Mediciones con Raleo

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 002

Nombre del sitio: CATIE-TURRIALBA

Fecha plant.	Edad (meses)	Edad (años)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	Ejes Vivos (ha)				Área Basal (m2/Ha)				Vol. Tot. (m3/ha)				Vol. Lote por Especie (m3/ha)		
									Antes	Ralea-dos	Rema-nentes	%	Antes	Ralea-dos	Rema-nentes	%	Antes	Ralea-dos	Rema-nentes	%	Antes	Ralea-dos	Rema-nentes
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	MIXTAS*	1000	5.24	730	140	590	19.2	6.4	1.0	5.4	15.1	22.0	3.0	19.0	13.7	42.1	5.8	36.3
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	ARAUHU	1000	5.24	290	0	290	—	1.9	—	1.9	—	5.8	—	5.8	—	11.1	—	11.1
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	EUCADG	1000	5.24	50	0	50	—	0.4	—	0.4	—	1.7	—	1.7	—	3.2	—	3.2
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	PINUJO	1000	5.24	340	140	200	41.2	3.6	1.0	2.6	26.7	13.0	3.0	10.0	23.3	24.8	5.8	19.0
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	SWIEMA	1000	5.24	50	0	50	—	0.5	—	0.5	—	1.5	—	1.5	—	2.9	—	2.9
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	MIXTAS*	4000	6.45	693	236	528	34.1	14.3	4.7	11.2	32.5	69.5	22.5	55.5	32.3	430.8	139.3	344.3
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	ARAUHU	4000	6.45	230	77	173	33.3	1.3	0.0	1.3	1.5	4.5	0.0	4.4	0.4	27.8	0.1	27.6
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	EUCADG	4000	6.45	35	27	30	76.2	0.5	0.1	0.9	22.9	3.5	0.8	5.9	21.7	21.8	4.7	36.5
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	SWIEMA	4000	6.45	45	13	33	27.8	0.2	0.0	0.2	16.5	0.7	0.1	0.6	11.4	4.4	0.5	3.9
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	VOCHGU	4000	6.45	383	120	293	31.4	12.3	4.5	8.9	36.5	60.8	21.6	44.6	35.6	376.8	134.0	276.3
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	MIXTAS*	2000	5.25	755	280	555	37.1	4.1	1.0	3.4	24.3	14.1	3.6	12.1	25.4	53.8	13.7	46.1
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	ARAUHU	2000	5.25	290	95	195	32.8	1.3	0.0	1.1	1.1	3.8	0.0	3.7	0.2	14.5	0.0	14.1
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	EUCADG	2000	5.25	65	25	40	38.5	0.4	0.1	0.3	16.9	2.0	0.3	1.7	13.4	7.6	1.0	6.6
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	HYERAL	2000	5.25	350	160	270	45.7	2.0	0.9	1.6	45.3	7.3	3.3	5.7	45.2	28.0	12.6	21.7
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	SWIEMA	2000	5.25	50	0	50	—	0.3	—	0.3	—	1.0	—	1.0	—	3.8	—	3.8
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	MIXTAS*	3000	6.26	650	253	442	39.0	2.8	0.5	2.5	18.4	9.2	1.5	8.5	16.6	44.2	7.3	40.5
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	ARAUHU	3000	6.26	227	30	207	13.2	1.2	0.0	1.2	0.5	3.1	0.0	3.1	0.1	14.8	0.0	14.7
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	DIPRPA	3000	6.26	340	183	157	53.9	0.8	0.3	0.5	36.8	2.5	0.8	1.7	32.2	11.8	3.8	8.0
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	EUCADG	3000	6.26	40	20	33	50.0	0.6	0.2	0.5	26.8	3.1	0.7	2.8	21.9	14.7	3.2	13.6
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	SWIEMA	3000	6.26	43	20	45	46.2	0.2	0.0	0.3	21.0	0.6	0.1	0.9	10.7	3.0	0.3	4.2
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	MIXTAS*	1000	4.42	550	50	500	9.1	2.6	0.1	2.5	2.4	7.3	0.1	7.1	1.5	16.4	0.2	16.1
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1		1000	4.42	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	ARAUHU	1000	4.42	450	40	420	8.7	2.0	0.0	1.9	1.3	4.6	0.0	4.6	0.4	10.5	0.0	10.4
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	EUCADG	1000	4.42	40	0	40	—	0.4	—	0.4	—	2.0	—	2.0	—	4.5	—	4.5
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	SWIEMA	1000	4.42	50	10	40	20.0	0.2	0.0	0.2	15.4	0.6	0.1	0.5	13.7	1.4	0.2	1.2
15/12/00	87	7.2	2.33	Nº 15	3	HYERAL	2880	12.36	549	111	438	20.3	11.0	1.3	9.7	11.8	68.2	7.3	60.9	10.7	159.0	17.1	141.9
15/12/00	87	7.2	2.38	Nº 16	4	MIXTAS*	3840	16.13	883	151	732	17.1	6.6	1.3	5.3	19.3	34.4	7.4	27.0	21.5	81.9	17.6	64.2
15/12/00	87	7.2	2.38	Nº 16	4	ARAUHU	3840	16.13	529	52	477	9.9	1.8	0.0	1.7	1.8	6.0	0.0	5.9	0.8	14.2	0.1	14.1
15/12/00	87	7.2	2.38	Nº 16	4	DIPRPA	3840	16.13	354	99	255	27.9	4.8	1.2	3.6	25.8	28.4	7.3	21.1	25.9	67.6	17.5	50.1
15/11/98	108	9.0	2.54	Nº 10	3	MIXTAS*	3456	13.61	509	116	394	22.7	23.3	5.4	17.9	23.1	213.9	45.5	168.9	21.3	543.3	115.5	428.9
15/11/98	108	9.0	2.54	Nº 10	3	ARAUHU	3456	13.61	139	20	119	14.6	1.1	0.2	0.9	17.8	5.7	1.5	4.6	26.0	14.4	3.7	11.7
15/11/98	108	9.0	2.54	Nº 10	3	HYERAL	3456	13.61	205	49	156	23.9	7.1	1.7	5.4	24.1	67.7	16.2	51.5	23.9	171.8	41.1	130.8
15/11/98	108	9.0	2.54	Nº 10	3	VOCHGU	3456	13.61	165	46	119	28.1	15.2	3.5	11.7	23.0	140.6	27.8	112.7	19.8	357.1	70.7	286.4

Promedios por Lote de Mediciones con Raleo

Medición más reciente

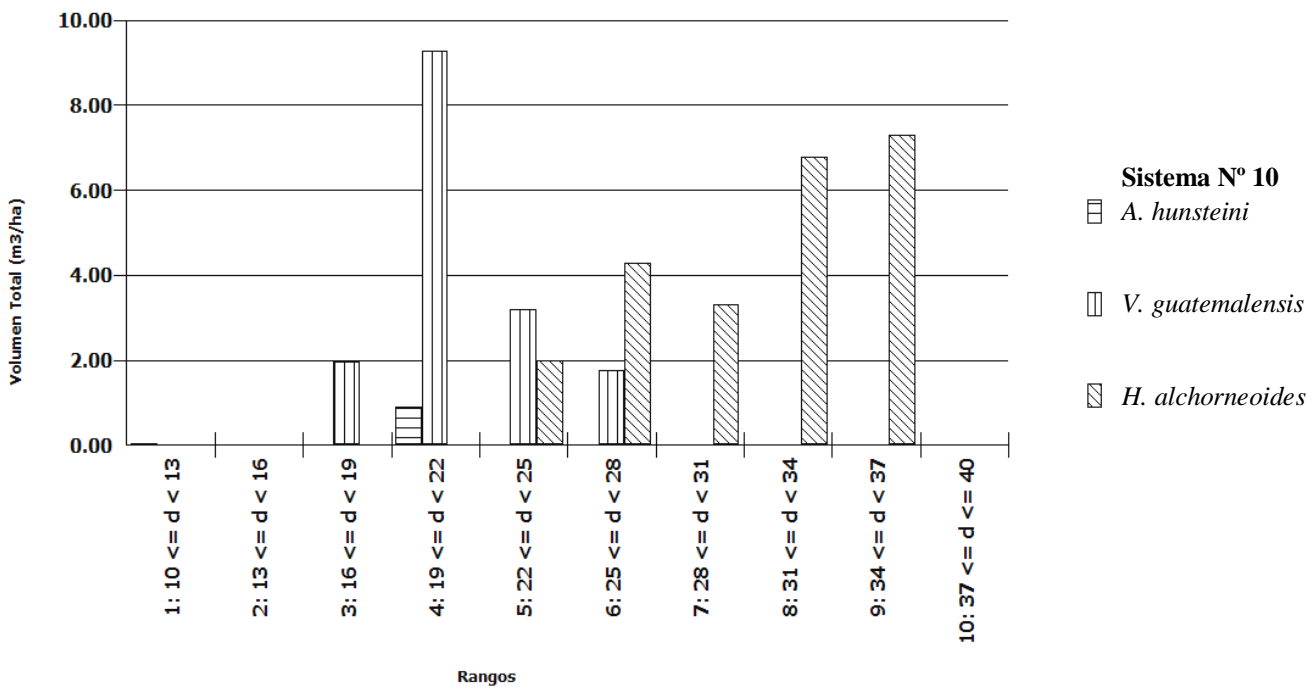
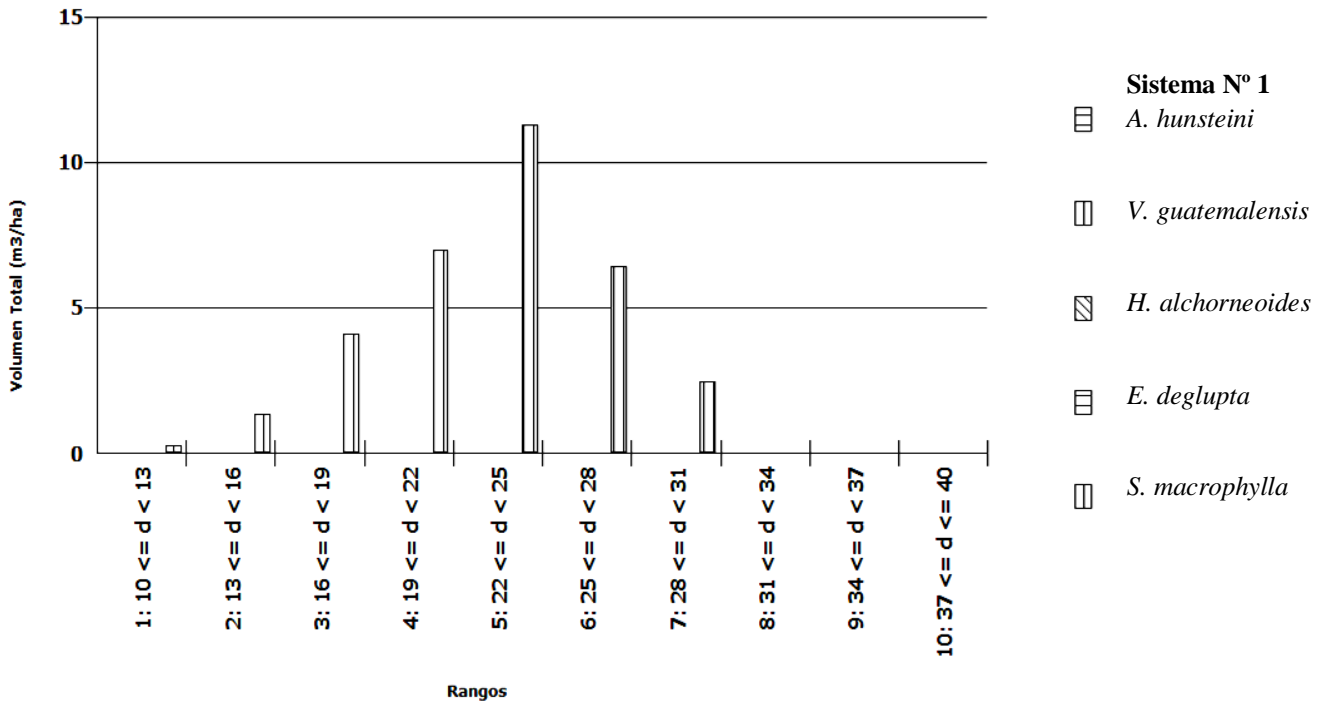
Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

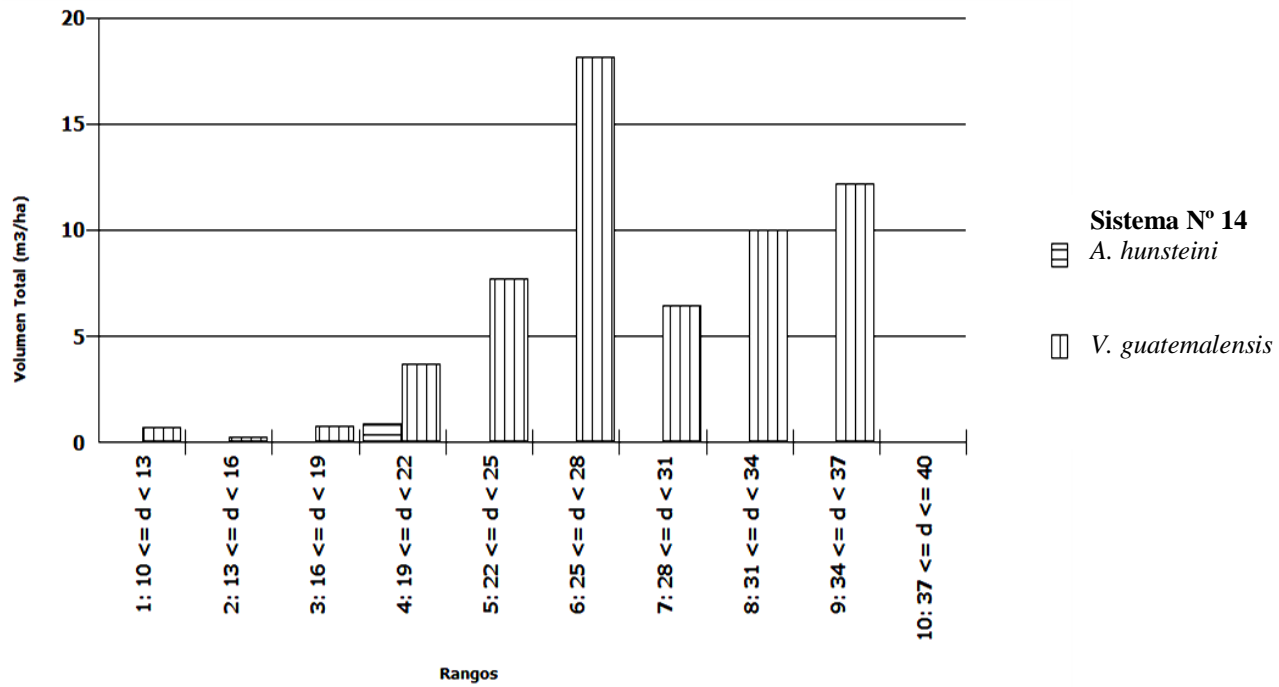
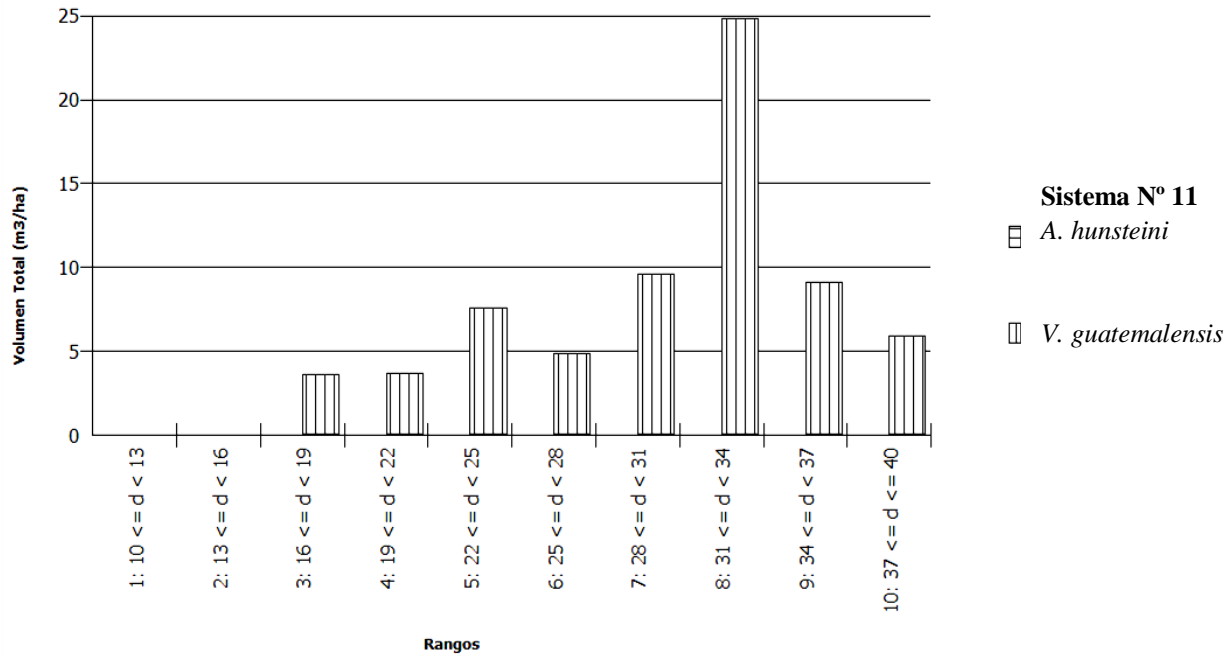
Ns. Sitio: 002

Nombre del sitio: CATIE-TURRIALBA

Fecha plant.	Edad (meses)	Edad (años)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	Ejes Vivos (ha)				Área Basal (m2/ha)				Vol. Tot. (m3/ha)				Vol. Lote por Especie (m3/ha)		
									Antes	Ralea-dos	Rema-nantes	%	Antes	Ralea-dos	Rema-nantes	%	Antes	Ralea-dos	Rema-nantes	%	Antes	Ralea-dos	Rema-nantes
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	MIXTAS*	1000	5.24	730	140	590	19.2	6.4	1.0	5.4	15.1	22.0	3.0	19.0	13.7	42.1	5.8	36.3
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	ARAUHU	1000	5.24	290	0	290	-	1.9	-	1.9	-	5.8	-	5.8	-	11.1	-	11.1
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	EUCADG	1000	5.24	50	0	50	-	0.4	-	0.4	-	1.7	-	1.7	-	3.2	-	3.2
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	PINUOC	1000	5.24	340	140	200	41.2	3.6	1.0	2.6	26.7	13.0	3.0	10.0	23.3	24.8	5.8	19.0
29/05/02	69	5.7	1.91	Nº 07	1	SWIEMA	1000	5.24	50	0	50	-	0.5	-	0.5	-	1.5	-	1.5	-	2.9	-	2.9
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	MIXTAS*	4000	6.45	693	236	528	34.1	14.3	4.7	11.2	32.5	69.5	22.5	55.5	32.3	430.8	139.3	344.3
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	ARAUHU	4000	6.45	230	77	173	33.3	1.3	0.0	1.3	1.5	4.5	0.0	4.4	0.4	27.8	0.1	27.6
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	EUCADG	4000	6.45	35	27	30	76.2	0.5	0.1	0.9	22.9	3.5	0.8	5.9	21.7	21.8	4.7	36.5
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	SWIEMA	4000	6.45	45	13	33	27.8	0.2	0.0	0.2	16.5	0.7	0.1	0.6	11.4	4.4	0.5	3.9
22/05/02	70	5.8	6.20	Nº 04	4	VOCHGU	4000	6.45	383	120	293	31.4	12.3	4.5	8.9	36.5	60.8	21.6	44.6	35.6	376.8	134.0	276.3
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	MIXTAS*	2000	5.25	755	280	555	37.1	4.1	1.0	3.4	24.3	14.1	3.6	12.1	25.4	53.8	13.7	46.1
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	ARAUHU	2000	5.25	290	95	195	32.8	1.3	0.0	1.1	1.1	3.8	0.0	3.7	0.2	14.5	0.0	14.1
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	EUCADG	2000	5.25	65	25	40	38.5	0.4	0.1	0.3	16.9	2.0	0.3	1.7	13.4	7.6	1.0	6.6
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	HYERAL	2000	5.25	350	160	270	45.7	2.0	0.9	1.6	45.3	7.3	3.3	5.7	45.2	28.0	12.6	21.7
22/05/02	68	5.6	3.81	Nº 05	2	SWIEMA	2000	5.25	50	0	50	-	0.3	-	0.3	-	1.0	-	1.0	-	3.8	-	3.8
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	MIXTAS*	3000	6.26	650	253	442	39.0	2.8	0.5	2.5	18.4	9.2	1.5	8.5	16.6	44.2	7.3	40.5
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	ARAUHU	3000	6.26	227	30	207	13.2	1.2	0.0	1.2	0.5	3.1	0.0	3.1	0.1	14.8	0.0	14.7
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	DIPRPA	3000	6.26	340	183	157	53.9	0.8	0.3	0.5	36.8	2.5	0.8	1.7	32.2	11.8	3.8	8.0
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	EUCADG	3000	6.26	40	20	33	50.0	0.6	0.2	0.5	26.8	3.1	0.7	2.8	21.9	14.7	3.2	13.6
22/05/02	71	5.9	4.79	Nº 06	3	SWIEMA	3000	6.26	43	20	45	46.2	0.2	0.0	0.3	21.0	0.6	0.1	0.9	10.7	3.0	0.3	4.2
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	MIXTAS*	1000	4.42	550	50	500	9.1	2.6	0.1	2.5	2.4	7.3	0.1	7.1	1.5	16.4	0.2	16.1
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1		1000	4.42	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	ARAUHU	1000	4.42	460	40	420	8.7	2.0	0.0	1.9	1.3	4.6	0.0	4.6	0.4	10.5	0.0	10.4
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	EUCADG	1000	4.42	40	0	40	-	0.4	-	0.4	-	2.0	-	2.0	-	4.5	-	4.5
22/05/02	69	5.7	2.26	Nº 09	1	SWIEMA	1000	4.42	50	10	40	20.0	0.2	0.0	0.2	15.4	0.6	0.1	0.5	13.7	1.4	0.2	1.2

Anexo 15. Distribución por clases diamétricas de los sistemas mixtos (Nº 1, Nº 10, Nº 11, Nº 14) con volumen total a ralear a través de MIRASil 3.9





Anexo 15. Promedios de carbono por sistema (lote) mixto y puro de árboles en pie en el sitio Las Delicias

Sistema MiraSilv

17/05/2009

REFOREST THE TROPICS

Promedios de Carbono por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR		Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)										Ns. Sitio: 001										Nombre del sitio: DELICIAS - POCORA									
Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Or. (pa.)	Árb. Viv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Viv. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	Altura total (m)	Alt. Dom. (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)	Carb. (Tn/ha)	IMA Carb. (Tn/ha por año)	ICA Carb. (Tn/ha)							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	MIXTAS*	68	62	91	802	5600	6.83	15.4	11.2	12.3	23.7	5.4	164.8	62.6	28.7	1351.0	37.1	6.4	-							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	ARAUHU	19	17	89	221	5600	6.83	5.1	4.8	6.3	0.5	0.1	1.4	0.5	0.2	11.7	0.3	0.1	0.1							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	EUCADG	5	5	100	64	5600	6.83	27.1	19.3	19.3	3.9	1.0	36.6	15.6	6.4	300.3	8.2	1.4	1.4							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	SWIEMA	4	4	100	55	5600	6.83	6.4	6.7	6.7	0.2	0.0	0.7	0.2	0.1	6.1	0.2	0.0	0.0							
11/03/08	69	5.8	8.20	Nº 01	7	VOCHGU	40	36	90	461	5600	6.83	23.0	14.1	16.8	19.1	4.1	126.0	46.2	21.9	1032.9	26.3	4.9	2.6							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	MIXTAS*	68	57	84	906	2560	4.30	13.1	10.9	11.9	13.1	3.1	79.2	28.3	13.4	472.0	17.8	3.0	1.3							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	ARAUHU	19	17	89	270	2560	4.30	8.2	7.0	9.0	1.5	0.3	5.6	1.9	0.9	33.1	1.2	0.2	0.1							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	EUCADG	5	3	60	55	2560	4.30	22.2	18.3	18.3	2.3	0.6	20.4	7.4	3.4	121.4	4.6	0.8	0.2							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	HYERAL	40	33	83	520	2560	4.30	14.9	11.8	14.0	9.1	2.1	52.5	18.9	8.9	312.7	11.8	2.0	0.6							
09/04/08	71	5.9	5.96	Nº 02	4	SWIEMA	4	4	100	63	2560	4.30	6.9	6.5	6.5	0.2	0.0	0.8	0.2	0.1	4.9	0.2	0.0	0.0							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	MIXTAS*	69	62	90	977	2560	3.26	12.7	11.1	12.2	9.8	2.4	59.6	21.7	10.4	467.8	13.4	2.3	0.6							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	ARAUHU	19	16	84	250	2560	3.26	10.0	7.6	9.5	2.1	0.7	8.6	4.0	1.5	67.9	1.9	0.3	0.1							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	DIPRPA	40	38	95	594	2560	3.26	9.9	11.1	13.4	4.6	1.1	24.4	9.2	4.2	191.3	5.5	1.0	0.2							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	EUCADG	5	4	80	63	2560	3.26	24.3	19.2	19.2	2.9	0.6	25.6	8.3	4.5	201.0	5.8	1.0	0.2							
02/03/08	69	5.8	7.85	Nº 03	4	SWIEMA	5	4	80	70	2560	3.26	6.9	6.7	6.7	0.3	0.0	1.0	0.2	0.2	7.6	0.2	0.0	0.0							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	MIXTAS*	50	42	84	672	1280	6.50	16.0	12.4	13.0	12.5	3.2	82.6	28.3	14.2	162.6	18.6	3.2	0.3							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	ARAUHU	40	34	85	539	1280	6.50	13.0	8.3	10.1	7.1	2.1	27.7	10.2	4.8	54.6	6.2	1.1	0.1							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	EUCADG	5	5	100	78	1280	6.50	29.1	23.1	23.1	5.2	1.1	54.2	18.0	9.3	106.8	12.2	2.1	0.2							
01/04/08	70	5.8	1.97	Nº 08	2	SWIEMA	5	3	60	55	1280	6.50	5.9	5.6	5.6	0.2	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.1	0.0	0.0							
29/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	MIXTAS*	70	58	83	509	3456	13.61	21.6	16.4	18.3	23.3	1.9	213.9	50.2	23.8	543.3	48.1	5.3	0.6							
29/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	ARAUHU	23	16	70	139	3456	13.61	9.9	8.6	10.3	1.1	0.1	5.7	1.1	0.6	14.4	1.3	0.1	0.0							
29/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	HYERAL	25	23	92	205	3456	13.61	20.8	20.8	22.6	7.1	1.0	67.7	19.4	7.5	171.8	15.2	1.7	0.2							
29/11/07	108	9.0	2.54	Nº 10	3	VOCHGU	22	19	86	165	3456	13.61	34.2	19.8	22.2	15.2	0.9	140.6	29.7	15.6	357.1	31.6	3.5	0.3							
23/04/08	88	7.3	1.37	Nº 11	2	MIXTAS*	59	53	90	552	1920	14.01	20.1	14.2	16.1	30.7	0.0	285.1	0.0	38.9	390.5	64.1	8.7	-							
23/04/08	88	7.3	1.37	Nº 11	2	ARAUHU	19	14	74	146	1920	14.01	9.6	8.2	9.7	1.1	-	5.0	-	0.7	6.8	1.1	0.2	-							
23/04/08	88	7.3	1.37	Nº 11	2	VOCHGU	40	39	98	406	1920	14.01	30.5	20.3	22.5	29.6	-	280.1	-	38.2	383.7	63.0	8.6	-							
11/04/08	87	7.3	1.40	Nº 12	2	MIXTAS*	58	48	83	500	1920	13.71	15.4	11.3	13.1	11.6	1.6	75.7	17.9	10.4	106.0	17.0	2.3	-							
11/04/08	87	7.3	1.40	Nº 12	2	ARAUHU	17	9	53	94	1920	13.71	12.7	9.2	9.6	1.1	0.2	5.3	1.8	0.7	7.4	1.2	0.2	-							
11/04/08	87	7.3	1.40	Nº 12	2	HYERAL	41	39	95	406	1920	13.71	18.1	13.5	16.5	10.5	1.4	70.4	16.0	9.7	98.6	15.9	2.2	-							
22/04/08	88	7.3	0.95	Nº 13	2	MIXTAS*	101	83	82	875	1920	20.21	9.1	7.4	10.1	5.2	0.0	26.9	0.0	3.7	25.6	6.1	0.8	-							
22/04/08	88	7.3	0.95	Nº 13	2	ARAUHU	69	55	80	578	1920	20.21	4.9	2.9	6.2	1.1	-	3.0	-	0.4	2.8	0.7	0.1	-							
22/04/08	88	7.3	0.95	Nº 13	2	DIPRPA	32	28	88	297	1920	20.21	13.3	11.8	14.1	4.2	-	24.0	-	3.3	22.8	5.4	0.7	-							
11/04/08	87	7.3	1.96	Nº 14	3	MIXTAS*	92	78	85	819	2880	14.69	15.4	10.6	12.9	32.6	4.5	287.6	73.7	39.7	563.6	64.7	8.9	0.8							
11/04/08	87	7.3	1.96	Nº 14	3	ARAUHU	32	24	75	253	2880	14.69	4.1	2.8	4.5	0.4	-0.5	1.3	0.0	0.2	2.6	0.3	0.0	0.0							
11/04/08	87	7.3	1.96	Nº 14	3	VOCHGU	60	54	90	566	2880	14.69	26.7	18.3	21.3	32.2	5.0	286.2	73.7	39.5	561.0	64.4	8.9	0.7							

Promedios de Carbono por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 001

Nombre del sitio: DELICIAS - POCORA

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Ort. (pa.)	Árb. Vlv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Vlv. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	Altura total (m)	Alt. Dom. (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)	Car-bono (Tn/ha)	IMA Car-bono (Tn/ha por año)	ICA Car-bono (Tn/ha)
10/04/08	87	7.3	2.33	Nº 15	3	MIXTAS*	84	66	79	698	2880	12.36	10.8	8.0	10.2	11.5	2.0	70.2	22.7	9.7	163.6	15.8	2.2	0.2
10/04/08	87	7.3	2.33	Nº 15	3	ARAUHU	26	14	54	149	2880	12.36	5.6	3.6	4.7	0.5	-0.1	2.0	0.9	0.3	4.6	0.4	0.1	-
10/04/08	87	7.3	2.33	Nº 15	3	HYERAL	58	52	90	549	2880	12.36	15.9	12.4	15.7	11.0	2.1	68.2	21.8	9.4	159.0	15.4	2.1	0.2
10/04/08	87	7.3	2.38	Nº 16	4	MIXTAS*	116	84	72	883	3840	16.13	9.8	8.5	10.8	6.6	1.3	34.4	10.5	4.7	81.9	7.7	1.1	0.1
10/04/08	87	7.3	2.38	Nº 16	4	ARAUHU	63	50	79	529	3840	16.13	6.4	4.7	7.5	1.8	0.3	6.0	2.2	0.8	14.2	1.3	0.2	0.0
10/04/08	87	7.3	2.38	Nº 16	4	DIPRPA	53	34	64	354	3840	16.13	13.1	12.2	14.2	4.8	0.9	28.4	8.3	3.9	67.6	6.4	0.9	0.1
23/04/08	88	7.3	0.00	PURA	2	HYERAL	39	38	97	602	1280	-	17.2	13.8	16.9	14.0	-	94.5	-	12.9	0.0	21.3	2.9	-
01/04/08	57	4.8	0.00	PURA2	2	ARAUHU	80	78	98	818	1920	-	12.7	7.6	9.4	10.3	4.3	36.9	19.6	7.8	0.0	8.3	1.8	0.1
10/04/08	88	7.3	0.00	PURA3	1	VOCHGU	60	51	85	531	960	-	29.2	18.4	21.0	35.7	6.0	315.6	101.3	43.0	0.0	71.0	9.7	0.4
05/12/07	111	9.3	0.00	PURA3	1	VOCHGU	52	33	63	314	1050	-	34.1	27.5	30.3	28.7	24.4	360.6	308.8	39.0	0.0	81.1	8.8	1.2

Anexo 16. Promedios de carbono por sistema (lote) mixto y puro de árboles en pie en el sitio El CATIE

Promedios de Carbono por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 002

Nombre del sitio: CATIE-TURRIALBA

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Área del Lote por Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Ort. (pa.)	Árb. Vív. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Vív. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	Altura total (m)	Alt. Dom. (m)	Área Basal (m2/ha)	ICA Área Basal (m2/ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)	Car-bono (Tn/ha)	IMA Car-bono (Tn/ha por año)	ICA Car-bono (Tn/ha)
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	MIXTAS*	79	68	86	693	4000	6.45	11.5	8.1	9.0	14.3	4.7	69.5	34.2	11.9	430.8	15.6	2.7	-
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	ARAUHU	29	23	79	230	4000	6.45	7.2	5.2	7.0	1.3	0.6	4.5	3.1	0.8	27.8	1.0	0.2	0.0
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	EUCADG	5	3	60	35	4000	6.45	11.3	9.8	9.8	0.5	0.1	3.5	1.1	0.6	21.8	0.8	0.1	0.0
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	SWIEMA	5	4	80	45	4000	6.45	7.4	7.0	7.0	0.2	0.1	0.7	0.3	0.1	4.4	0.2	0.0	0.0
03/04/08	70	5.8	6.20	Nº 04	4	VOCHGU	40	38	95	383	4000	6.45	19.9	10.3	12.3	12.3	3.9	60.8	29.6	10.4	376.8	13.7	2.3	0.2
10/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	MIXTAS*	79	75	95	755	2000	5.25	8.4	6.5	7.5	4.1	2.0	14.1	9.3	2.5	53.8	3.2	0.6	0.1
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	ARAUHU	29	29	100	290	2000	5.25	7.4	4.2	6.1	1.3	0.7	3.8	2.9	0.7	14.5	0.9	0.2	0.0
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	EUCADG	6	6	100	65	2000	5.25	8.6	8.3	8.3	0.4	0.1	2.0	0.9	0.4	7.6	0.4	0.1	0.0
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	HYERAL	39	35	90	350	2000	5.25	8.4	6.9	8.9	2.0	1.0	7.3	4.8	1.3	28.0	1.7	0.3	0.0
07/02/08	68	5.7	3.81	Nº 05	2	SWIEMA	5	5	100	50	2000	5.25	9.2	6.5	6.5	0.3	0.2	1.0	0.6	0.2	3.8	0.2	0.0	0.0
03/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	MIXTAS*	79	64	81	650	3000	6.26	8.0	5.7	6.6	2.8	1.0	9.2	4.2	1.6	44.2	2.1	0.4	0.0
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	ARAUHU	29	22	76	227	3000	6.26	7.4	4.5	5.8	1.2	0.5	3.1	1.8	0.5	14.8	0.7	0.1	0.0
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	DIPRPA	40	34	85	340	3000	6.26	5.4	4.9	7.0	0.8	0.2	2.5	1.0	0.4	11.8	0.6	0.1	0.0
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	EUCADG	5	4	80	40	3000	6.26	11.6	8.6	8.6	0.6	0.1	3.1	1.1	0.5	14.7	0.7	0.1	0.0
10/05/08	71	5.9	4.79	Nº 06	3	SWIEMA	5	4	80	43	3000	6.26	7.4	5.0	5.0	0.2	0.1	0.6	0.3	0.1	3.0	0.1	0.0	0.0
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	MIXTAS*	80	73	91	730	1000	5.24	10.4	7.3	8.1	6.4	3.3	22.0	14.2	3.8	42.1	5.0	0.9	0.0
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	ARAUHU	30	29	97	290	1000	5.24	9.2	5.7	7.4	1.9	1.0	5.8	3.7	1.0	11.1	1.3	0.2	0.0
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	EUCADG	5	5	100	50	1000	5.24	9.9	8.7	8.7	0.4	0.1	1.7	0.6	0.3	3.2	0.4	0.1	0.0
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	PINUJO	40	34	85	340	1000	5.24	11.6	7.4	8.9	3.6	1.9	13.0	8.9	2.3	24.8	2.9	0.5	0.0
07/03/08	69	5.8	1.91	Nº 07	1	SWIEMA	5	5	100	50	1000	5.24	10.8	7.6	7.6	0.5	0.2	1.5	1.0	0.3	2.9	0.3	0.1	0.0
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	MIXTAS*	60	55	92	550	1000	4.42	8.9	6.4	7.0	2.6	1.5	7.3	4.8	1.3	16.4	1.6	0.3	0.0
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1		0	0		0	1000	4.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	ARAUHU	50	46	92	460	1000	4.42	7.4	4.1	6.0	2.0	1.3	4.6	3.6	0.8	10.5	1.0	0.2	0.0
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	EUCADG	5	4	80	40	1000	4.42	11.6	9.6	9.6	0.4	0.1	2.0	0.9	0.3	4.5	0.5	0.1	0.0
07/03/08	69	5.8	2.26	Nº 09	1	SWIEMA	5	5	100	50	1000	4.42	7.9	5.5	5.5	0.2	0.1	0.6	0.3	0.1	1.4	0.1	0.0	0.0
10/03/08	56	4.7	0.00	PUR44	2	SWIEMA	36	33	92	458	1440	-	10.2	7.6	9.1	3.7	-	13.2	-	2.8	0.0	3.0	0.6	-
12/05/08	83	6.9	0.00	PUR45	2	DIPRPA	35	33	94	521	1260	-	5.9	5.0	7.2	1.5	-	4.4	-	0.6	0.0	1.0	0.1	-

Anexo17. Promedios por sistema de carbono (lote) mixtos y puros de árboles en pie en el sitio STF (Super Nut, Tournon Folly) y Pavones

Promedios de Carbono por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 003

Nombre del sitio: TURRIALBA SFT (SUPERIOR NUT-TOURNON-FOLLEY)

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Edad Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Orl. (pa.)	Árb. Viv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Viv. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	Altura total (m)	Alt. Dom. (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)	Car-bono (Tn/ha)	IMA Car-bono (Tn/ha por año)	ICA Car-bono (Tn/ha)
06/03/08	30	2.5	3.30	Nº 17	3	MIXTAS*	86	84	98	1041	2448	7.42	5.2	4.3	5.5	2.0	0.0	3.7	0.0	1.5	12.3	0.8	0.3	-
06/03/08	30	2.5	3.30	Nº 17	3	ARAUHU	69	68	99	839	2448	7.42	4.6	3.2	4.8	1.4	-	2.2	-	0.9	7.4	0.5	0.2	-
06/03/08	30	2.5	3.30	Nº 17	3	SWIEMA	17	16	94	201	2448	7.42	5.8	5.3	6.2	0.6	-	1.5	-	0.6	4.9	0.3	0.1	-

Promedios de Carbono por Lote de Mediciones de Árboles en Pie

Medición más reciente

Cód. país: CR Proy.: REFOREST THE TROPICS (RTT)

Ns. Sitio: 004

Nombre del sitio: PAVONES-KM 42

Fecha medición	Edad (m.)	Edad (a.)	Edad Especie (ha)	Cód. Lote	# de Parc.	Especie	Árb. Orl. (pa.)	Árb. Viv. (pa.)	Sup. (%)	Ejes Viv. (ha)	Área del Muest. (m2)	Intens. del Muest. (%)	DAP Prom. (cm)	Altura total (m)	Alt. Dom. (m)	Área Basal (m2/Ha)	ICA Área Basal (m2/Ha)	Vol. Tot. (m3/ha)	ICA Vol. Tot. (m3/ha)	IMA VT (m3/ha por año)	Vol. Lote por especie (m3)	Car-bono (Tn/ha)	IMA Car-bono (Tn/ha por año)	ICA Car-bono (Tn/ha)
14/03/08	77	6.4	0.00	Nº 18	2	MIXTAS*	84	73	87	709	2085	-	14.2	8.1	10.0	13.1	2.9	53.0	14.9	8.3	0.0	11.9	1.9	-
14/03/08	77	6.4	0.00	Nº 18	2	ARAUHU	27	23	85	225	2085	-	11.8	7.6	9.0	2.5	0.8	9.8	3.2	1.5	0.0	2.2	0.3	0.0
14/03/08	77	6.4	0.00	Nº 18	2	PINUOO	57	50	88	484	2085	-	16.6	8.6	11.0	10.6	2.1	43.2	11.7	6.7	0.0	9.7	1.5	0.0

Anexo18. Densidad de las especies forestales empleadas en los sistemas mixtos de acuerdo IPCC 2006

Especies	Densidad
<i>V. guatemalensis</i>	0.40
<i>H. alchorneoides</i>	0.60
<i>E. deglupta</i>	0.40
<i>D. panamensis</i>	0.81
<i>A. Hunsteini</i>	0.43
<i>S. macrophylla</i>	0.54
<i>P. tecunumanii</i>	0.48

Anexo 19. Comparación de las características ecológicas y requerimiento de las especies seleccionadas (Romero y Barrantes 1997; FAO 2001).

Características	Especies							
	Las Delicias	El CATIE	<i>V. guatemalensis</i>	<i>D. panamensis</i>	<i>H. alchorneoides</i>	<i>E. deglupta</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>A. hunsteini</i>
Distribución natural	Cantón Guácimo, Provincia de Limón	Cantón Turrialba, Provincia de Cartago	Tierras bajas	Tierras bajas y planicies	Tierras planas	Zonas tropicales cálidas	Tierras bajas	--
Zona de Vida	Bh-T	Bh-T	Bh-T Bmh-T	Bh-T Bmh-T	Bh-T Bmh-T	Bmh-T Bpm-T	Bh-T Bmh-T	Bh-T
Precipitación (mm/año)	3,414	2,645	2,500 – 5,000	3,500 - 5,500	2,500 – 5,000	2,500 – 3,500	2000 – 4000	1,600 – 4,500
Temperatura (C)	21	22.5	24 - 30	24 - 30	24 - 30	15 - 35	24 - 32	22 - 31
Altitud (msnm)	300	602	100 - 900	20 - 600	20 -900	0 -1,100	50 – 1,400	520 – 1,100
Tipos de suelos	Franco arenosos	Franco arcillosos	Aluviales llanos y lomas	Aluviales	Franco Arenoso a Arcillosos	Franco - Arenosos	Aluviales	Arcillosos o Volcánicos
pH	Ácidos	Ácidos	Ácidos	Ácidos	Ácidos	--	Ácidos	Ácidos
Drenajes	Buenos	Mal drenado	Buenos	Buenos	Buenos o perfectos	Buenos o perfectos	Buenos o perfectos	--

Anexo 21. Actividades silviculturales RTT, fertilización del terreno

Sistema	Ubicación	Fecha de Siembra	Fertilización												
			Año 1												
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Almendro, Klinkii, Eucalipto, Caoba</i>	“Mohegan” Las Delicias	22/05/2002										M1			
<i>Pilón_Klinkii, Eucalipto caoba</i>	“Mohegan” Las Delicias	22/05/2002										M1			
<i>Klinkii - Eucalipto - Caoba</i>	“Mohegan” Las Delicias	22/05/2002										M1			
<i>Chancho - Klinkii - Eucalipto - Caoba</i>	“Mohegan” Las Delicias	22/05/2002										M1			
<i>Chancho - Klinkii</i>	CMEEC Las Delicias	12/12/2000													M1
<i>Almendro - klinkii</i>	CMEEC Las Delicias	12/12/2000													M1
<i>Pilón - Klinkii</i>	CMEEC Las Delicias	12/12/2000													M1
<i>chancho - Klinkiii</i>	Con Col Las Delicias	12/12/2000													M1
<i>Almendro - klinkii</i>	Con Col Las Delicias	12/12/2000													M1
<i>Pilón - Klinkii</i>	Con Col Las Delicias	12/12/2000													M1
<i>Klinkii - Caoba</i>	Turnon -	0107/2005							M1-M3				M2		
<i>Klinkii - Pino</i>	Kilometro 42-Pavones	15/09/2001										M1			
<i>Chancho, Klinkii, Pilon</i>	26 -donantes - Delicias	15/11/1998													
<i>Almendro, Klinkii, Eucalipto, Caoba</i>	CATIE - “Mohegan”	22/05/2002							M1						
<i>Pilón_Klinkii, Eucalipto caoba</i>	CATIE - “Mohegan”	22/05/2002							M1						
<i>Klinkii - Eucalipto - Caoba</i>	CATIE - “Mohegan”	22/05/2002							M1						
<i>Chancho - Klinkii - Eucalipto - Caoba</i>	CATIE - “Mohegan”	22/05/2002							M1						
<i>Pino - Klinkii - Eucalipto - Caoba</i>	CATIE - “Mohegan”	22/05/2002							M1						

Continuación Anexo 21.

Año 2												Año 3											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M2					M2																		
M2					M2																		
M2					M2																		
M2					M2																		
M2					M2																		
				M2																			
				M2																			
				M2																			
				M2																			
				M2																			
				M2																			
M3					M2						M2												
M2				M2							M2												
M2																							
M2																							
M2															M3					M2			

Códigos: F1: 40 gr / árbol (12-24-12); F2: 50 gr / árbol (20-7-12), F3: 250 gr / árbol (cal-domita)

Anexo 23. Actividades silviculturales, control sanitario

Sistema	Ubicación	Fecha de Siembra	Control Sanitario																								
			Año 1												Año 2												
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Almendra, Klinkii, Eucalipto, Caoba	"Mohegan" Las Delicias	22/05/2002					2	2	2				1		2			2				2				2	
Pilón_Klinkii, Eucalipto caoba	"Mohegan" Las Delicias	22/05/2002					2	2	2				1		2			2				2				2	
Klinkii - Eucalipto - Caoba	"Mohegan" Las Delicias	22/05/2002						2	2	2			1		2			2				2				2	
Chancho - Klinkii - Eucalipto - Caoba	"Mohegan" Las Delicias	22/05/2002						2	2	2			1		2			2				2				2	
Chancho - Klinkii	CMEEC Las Delicias	12/12/2000												2	2	2									2		
Almendra - klinkii	CMEEC Las Delicias	12/12/2000												2	2	2									2		
Pilón - Klinkii	CMEEC Las Delicias	12/12/2000												2	2	2									2		
chancho - Klinkiii	Con Col Las Delicias	12/12/2000												2	2	2									2		
Almendra - klinkii	Con Col Las Delicias	12/12/2000												2	2	2									2		
Pilón - Klinkii	Con Col Las Delicias	12/12/2000												2	2	2									2		
Klinkii - Caoba	Turnon - Pavones	07-May						2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	
Klinkii - Pino	Kilometro 42-Pavones	15/09/2001						2	2						2											2	
Chancho, Klinkii, Pilon	26 -donantes - Delicias	15/11/1998												2	2	2									2	2	
Almendra, Klinkii, Eucalipto, Caoba	CATIE - "Mohegan"	22/05/2002																									
Pilón_Klinkii, Eucalipto caoba	CATIE - "Mohegan"	22/05/2002																									
Klinkii - Eucalipto - Caoba	CATIE - "Mohegan"	22/05/2002																									
Chancho - Klinkii - Eucalipto - Caoba	CATIE - "Mohegan"	22/05/2002																									
Pino - Klinkii - Eucalipto - Caoba	CATIE - "Mohegan"	22/05/2002																									

Continuación Anexo 23.

Año 3												Año 4												Año 5												Año 6											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2				3	3		3	3	2	3	3	3		3	3		3	3	2	3	3		3	3	2	3					2					2											
2				3	3		3	3	2	3	3	3		3	3		3	3	2	3	3		3	3	2	3					2					2											
2				3	3		3	3	2	3	3	3		3	3		3	3	2	3	3		3	3	2	3					2					2											
2				3	3		3	3	2	3	3	3		3	3		3	3	2	3	3		3	3	2	3					2					2											
2				3	3		3	3	2	3	3	3		3	3		3	3	2	3	3		3	3	2	3					2					2											
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2					2						2							2				2
			2													2	2	2							2																						

