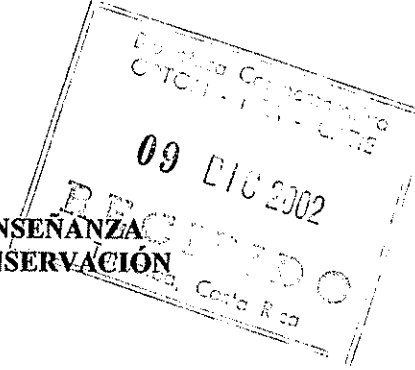


Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies
forestales nativas de 20 años de edad en el Bosque
Alexander Von Humboldt, Amazonia Peruana

YMBER FLORES BENDEZÚ

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



**“CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES DE SEIS ESPECIES
FORESTALES NATIVAS DE 20 AÑOS DE EDAD EN EL BOSQUE ALEXANDER
VON HUMBOLDT, AMAZONIA PERUANA**

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

Magíster Scientiae

Por

✓
Ymber Flores Bendezú

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2002

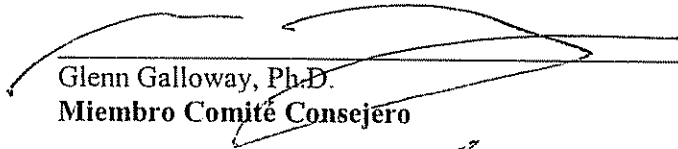
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Luis Ugalde, Ph.D.
Consejero Principal



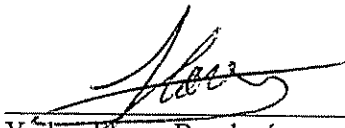
Glenn Galloway, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Fernando Carrera, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Ali Moslemi, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



Yimber Flores Bendezú
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Angelina y Tulio, a
todos mis hermanos
por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Ugalde, por su valioso asesoramiento como profesor consejero.

A los miembros del comité de tesis: Glenn Galloway Ph. D y Fernando Carrera M. Sc., por sus invalorable contribuciones en la ejecución de mi tesis.

Al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), por haberme concedido la beca que hizo posible mi estadía en CATIE y por su apoyo económico y logístico en la realización de esta tesis. En especial mi agradecimiento al Jefe de INIA Dr. Carlos Salas y a Julio Toledo Ph. D. y Angel Salazar Ph. D.

Al personal del INIA – Pucallpa, en especial a los ingenieros Auberto Ricse, Walter Angulo y Manuel Soudre y a los técnicos Tulio Amasifuen, Ramón Pacaya e Hilter Fasabi por su apoyo y participación en la ejecución de mi trabajo de campo.

A la Agencia de Cooperación Técnica Japonesa (JICA) por su contribución en el desarrollo del proyecto en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt.

A Gustavo López por su asesoramiento en la ejecución de mi tesis.

A Octavio Galván por su gran amistad, desde las épocas en la universidad.

A mis compañeros del CATIE, es especial a Olivier, Mauricio, Jorge “Guate” y Rolando, por haber compartido dos años de inolvidable amistad conmigo.

A Hector Vidaurre M.Sc. y Violeta Colán M.Sc., graduados del CATIE, por sus valiosos consejos.

A Jeannette y Noyli de la Escuela de Posgrado por su apoyo en los aspectos académicos y administrativos.

Al personal del Biblioteca Commemorativa Orton, por haberme apoyado en mis labores en ese centro del saber.

Al CATIE, por haberme ayudado a responder muchas interrogantes que me servirán de ahora en adelante para afrontar mi vida profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	viii
SUMMARY	ix
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Caracterización del problema	1
1.2 Importancia y justificación de la presente investigación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Antecedentes de la Estación Experimental Alexander von Humboldt	4
2.2 Descripción de plantaciones en fajas de enriquecimiento	5
2.3 Descripción de las plantaciones experimentales	6
2.3.1 Fajas de enriquecimiento	6
2.3.2 Plantaciones puras	9
2.4 Especies bajo estudio	11
2.4.1 <i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke (Ducke) (Mimosaceae)	11
2.4.2 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Smith (Fabaceae)	12
2.4.3 <i>Swietenia macrophylla</i> King (Meliaceae)	13
2.4.4 <i>Simarouba amara</i> Aubl (Simaroubaceae)	13
2.4.5 <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart (Apocynaceae)	14
2.4.6 <i>Copaifera reticulata</i> Ducke (Caesalpinaceae)	14
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Descripción del área experimental	15
3.1.1 Ubicación geográfica	15
3.1.2 Clima	15
3.1.3 Zona de vida	16
3.1.4 Suelos	16
3.1.5 Topografía	17
3.2 Material experimental	18
3.3 Ensayo en plantaciones puras	18
3.3.1 Unidades experimentales	18
3.3.2 Diseño experimental	18
3.3.3 Mediciones	19
3.3.4 Parámetros a estimar	19
3.3.5 Análisis de la información	20
3.4 Ensayo en fajas de enriquecimiento con <i>C. catenaeformis</i> y <i>A. cearensis</i>	20
3.4.1 Diseño experimental	21

3 4 2	Unidades experimentales	22
3 4 3	Mediciones	24
3 4 4	Parámetros a estimar	24
3 4 5	Análisis de la información	25
4.	RESULTADOS	26
4.1	Plantaciones puras	26
4.1.1	Crecimiento	26
	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	26
	Altura total	29
	Altura dominante	30
	Altura comercial	31
	Número de árboles por hectárea y porcentaje de árboles actuales	32
4.1.2	Forma y calidad	33
	Forma de fuste	33
	Sanidad del árbol	34
	Posición y forma de copa	35
4.1.3	Productividad	37
	Área basal	37
	Volumen	37
4.2	Plantación de <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (Ducke) en fajas de enriquecimiento	40
4.2.1	Crecimiento	40
	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	41
	Altura total	43
	Altura dominante y altura comercial	45
	Número de árboles por hectárea y porcentaje de árboles actuales	46
4.2.2	Forma y calidad	47
	Forma del fuste	47
	Sanidad del árbol	48
	Posición y forma de copa	49
4.2.3	Productividad	51
	Área basal	52
	Volumen	53
4.3.1	Crecimiento	55
	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	56
	Altura total	58
	Altura dominante y altura comercial	59
	Número de árboles por hectárea y porcentaje de árboles actuales	61
4.3.2	Forma y calidad	61
	Forma del fuste	61
	Sanidad del árbol	62
	Posición y forma de copa	63
4.3.3	Productividad	65
	Área basal	65
	Volumen	66
4.4	Comparación entre sistemas de plantación para <i>Cedrelinga catenaeformis</i> y <i>Amburana cearensis</i>	67
4.5	Relación altura-diámetro	68

5. CONCLUSIONES.....	74
5.1 Plantaciones puras	74
5.2 Plantación de <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (Ducke) en fajas de enriquecimiento	75
5.3 Plantación de <i>Amburana cearensis</i> (Allemao) A. C. Smith en fajas de enriquecimiento	76
5.4 Conclusiones generales sobre el sistema de fajas de enriquecimiento.....	77
6. RECOMENDACIONES	79
7. BIBLIOGRAFIA.....	80

ANEXOS

Flores, Y. 2002. Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el Bosque Alexander von Humboldt, Amazonia Peruana.

Palabras claves: Plantaciones de enriquecimiento, Amazonia, *Cedrelinga catenaeformis*, *Amburana cearensis*, crecimiento, productividad, incremento medio anual, bosques húmedos tropicales, Perú

Resumen

El Instituto Nacional de Investigación Agraria inició sus labores en el campo de la investigación forestal aplicada a la silvicultura de plantaciones de especies nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt desde 1982, con el objeto de generar información silvicultural básica. Con este propósito se establecieron ensayos de plantaciones de bosques bajo diferentes sistemas y condiciones de sitio. Se ensayaron un total de 44 especies, dentro de las cuales en el presente trabajo se analiza los casos de *Cedrelinga catenaeformis*, *Amburana cearensis*, *Copaifera reticulata*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla* y *Simarouba amara*. Los resultados obtenidos a 20 años de establecido los ensayos muestran el gran potencial de *C. catenaeformis*, que es la especie con mejores resultados de crecimiento y productividad tanto en fajas de enriquecimiento como en plantaciones puras. Con esta especie se obtuvo en plantaciones puras un diámetro a la altura del pecho promedio de 35.8 cm, una altura total promedio de 26.42 m, un área basal de 30.35 m²/ha y un volumen promedio de 380.20 m³/ha, resultados que son estadísticamente diferentes al de las otras especies. Además esta especie muestra excelentes resultados en sanidad y calidad de fuste y en forma y posición de copa. En fajas de enriquecimiento *C. catenaeformis* creció mejor en suelos acrisoles, con topografía de ondulada a colinosa y en fajas de 5 m de ancho. Con respecto a *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento, los mejores resultados se obtuvieron en suelos gleysoles y fisiografía plana a ondulada. Esta especie muestra sin embargo alta susceptibilidad a la falta de manejo y mantenimiento, lo cual se ve reflejado en sus bajos valores en crecimiento y productividad así como en calidad del fuste obtenido. Los resultados muestran buenas perspectivas para el establecimiento de plantaciones en fajas de enriquecimiento de *C. catenaeformis* en bosques primarios con bajos volúmenes de madera. Con un incremento medio anual de 13.4 m³/ha/año y altos precios actuales, las plantaciones de *C. catenaeformis* son más rentables que la práctica común de convertir bosques primarios en plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento.

Flores, Y. 2002. Growth and productivity of plantations of six native forest species 20 years old in the Alexander von Humboldt Forest, Peruvian Amazon

Key words: enrichment planting, Amazonia, *Cedrelinga catenaeformis*, *Amburana cearensis*, growth, productivity, mean annual increment, tropical rainforests, Peru.

Summary

∞ The National Institute of Agrarian Investigation began its studies in the forest research applied to forestry plantings of native species in the Forest National Alexander von Humboldt from 1982, in order to generating basic silvicultural information. With this purpose trials of forestry plantations were carry out under different systems and site conditions. A total of 44 native species were studied. It is analyzed the cases of *Cedrelinga catenaeformis*, *Amburana cearensis*, *Copaifera reticulata*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla* and *Simarouba amara*.

* Based on results from forestry trials at 20 years, *C. catenaeformis* shows great potential and the best results of growth and productivity in enrichment plantings as in pure plantations. With this species it was obtained in pure plantations a mean diameter at breast height of 35.8 cm, mean height total of 26.42, a basal area of 30.35 m²/ha and a mean volume of 380.20 m³/ha, results that they are statistically different to that of the other species. This species also shows excellent results in sanity and stem quality and in form and crown position. In enrichment line *C. catenaeformis* grew better in Acrisol soils, with different topographic position and in lines of 5 m. With regard to *A. cearensis* in enrichment lines, the best results were obtained in gleysols soils and with topography plane to undulating. However this species shows high susceptibility to the management and tending lack, that which is reflected in its low values in growth and productivity as well as in quality of the obtained stem. The results indicate good prospects for line planting of *C. catenaeformis* in primary low-volume forests. With the observed annual volume increment of 13.4 m³ ha⁻¹ year⁻¹ and current high prices of this species, planting of *C. catenaeformis* is much more profitable than the commonly applied practice to convert low-volume forests into plantations of fast-growing exotic tree species.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 -	Experiencias con plantaciones de <i>C. catenaeformis</i> en algunos países de América Tropical	11
Cuadro 2 -	Principales características de los suelos en el área de estudio	17
Cuadro 3 -	Listado de tratamientos por especie (recuadros sombreados)	21
Cuadro 4 -	Resumen de las variables de crecimiento para plantaciones puras.	26
Cuadro 5 -	Frecuencia y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones puras	33
Cuadro 6 -	Estado fitosanitario en plantaciones puras	34
Cuadro 7 -	Resumen de productividad en plantaciones puras	37
Cuadro 8 -	Volumen obtenido en plantaciones puras	38
Cuadro 9 -	Simulación de probable volumen (m ³ /ha) a obtener.	39
Cuadro 10 -	Valores promedio de las variables de crecimiento de <i>C. catenaeformis</i> en plantaciones en líneas de enriquecimiento	40
Cuadro 11 -	Comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales	40
Cuadro 12 -	Frecuencia (F) y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones de <i>C. catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento	48
Cuadro 13 -	Estado sanitario de plantaciones de <i>C. catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento.	49
Cuadro 14 -	Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones de <i>C. catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento.	50
Cuadro 15 -	Forma de la copa de los árboles de <i>C. catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento.	51
Cuadro 16 -	Valores promedio de las variables de productividad de <i>C. catenaeformis</i> en plantaciones en líneas de enriquecimiento	52
Cuadro 17 -	Volumen obtenido en fajas de enriquecimiento con <i>A. cearensis</i>	54
Cuadro 18 -	Valores promedio de las variables de crecimiento de <i>Amburana cearensis</i> en plantaciones en líneas de enriquecimiento	55
Cuadro 19 -	Comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales.	55
Cuadro 20 -	Frecuencia (F) y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento	62
Cuadro 21 -	Estado sanitario de plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento	63
Cuadro 22 -	Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento	64
Cuadro 23 -	Forma de la copa de los árboles de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento	64
Cuadro 24 -	Valores promedio de las variables de productividad de <i>A. cearensis</i> en plantaciones en líneas de enriquecimiento	65
Cuadro 25 -	Volumen en plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fajas de enriquecimiento de 5 m de ancho y entrefaja de 10-20 m de ancho.	7
Figura 2 - Fajas de 10 m de ancho y entrefajas de 20 m de ancho.	7
Figura 3 - Fajas de 30 m de ancho.	8
Figura 4 - Fajas de 30 m de ancho. Caso B: 15m entre árboles y 5 m entre filas	8
Figura 5 - Disposición de campo de las plantaciones puras en la Estación Experimental Alexander von Humboldt	9
Figura 6 – Mapa de la Estación Experimental Alexander von Humboldt.	10
Figura 7 – Mapa del Perú y ubicación del Bosque Nacional Alexander von Humboldt	15
Figura 8 – Croquis de las parcelas Opción 1	23
Figura 9 – Croquis de las parcelas Opción 2	23
Figura 10 – Resultados en diámetro promedio (DAP en cm) por especie.	27
Figura 11 – Resultados en Incremento Medio Anual en diámetro promedio (IMADAP) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas	28
Figura 12 – Resultados en altura total promedio (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander Von Humboldt, Perú.	29
Figura 13 – Resultados en Incremento Medio Anual en Altura total (IMAALT) por especie. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas	30
Figura 14 – Resultados en altura dominante (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú	31
Figura 15 – Resultados en altura comercial (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.	32
Figura 16 – Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú	35
Figura 17 – Forma de la copa de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.	36
Figura 18 – Resultados en diámetro promedio (DAP en cm) en 9 tratamientos. Plantaciones de <i>Cedrelinga catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento en el Bosque von Humboldt, Perú.	41
Figura 19 – Resultados en altura total promedio (m) en 9 tratamientos. Plantaciones de <i>Cedrelinga catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento de en el Bosque Von Humboldt, Perú	43
Figura 20 - Resultados de altura dominante (m) y altura comercial (m) Plantaciones de <i>C. catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.	45
Figura 21 - Resultados de área basal por hectárea en 9 tratamientos. Plantaciones de <i>C. catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú	53

Figura 22 – DAP promedio (cm) en 11 tratamientos. Plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú	56
Figura 23 – Altura promedio (m) en 11 tratamientos. Plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú	58
Figura 24 - Resultados de altura dominante (m) y altura comercial (m) Plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú	60
Figura 25 - Resultados de área basal por hectárea en 11 tratamientos. Plantaciones de <i>A. cearensis</i> en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú	66
Figura 26 – Relación altura –DAP de <i>Cedrelinga catenaeformis</i> en fajas de enriquecimiento. Resultado global de 9 tratamientos	69
Figura 27 – Relación altura –DAP de <i>Amburana cearensis</i> en fajas de enriquecimiento. Resultado global de 11 tratamientos. Plantaciones de 19-20 años en el Bosque A. von Humboldt, Perú.	70
Figura 28 – Relación altura –DAP de <i>Amburana cearensis</i> en plantación pura.	70
Figura 29 – Relación altura –DAP de <i>Aspidosperma macrocarpon</i> en plantación pura.	71
Figura 30 – Relación altura –DAP de <i>Cedrelinga catenaeformis</i> en plantación pura	71
Figura 31 – Relación altura –DAP de <i>Copaifera reticulata</i> en plantación pura.	72
Figura 32 – Relación altura –DAP de <i>Simarouba amara</i> en plantación pura.	72
Figura 33 – Relación altura –DAP de <i>Swietenia macrophylla</i> en plantación pura	73

1. INTRODUCCION

1.1 Caracterización del problema

A pesar de su gran extensión y alta diversidad, los bosques húmedos tropicales de la Amazonia peruana se encuentran en un creciente proceso de deterioro. El crecimiento de la población, la explotación maderera y la expansión de las actividades agropecuarias han agudizado la destrucción de los bosques, la erosión de los suelos y la disminución de la productividad. En tal sentido, la legislación forestal peruana reconoce la importancia y la necesidad del manejo sostenible de los recursos forestales y fomenta las actividades de caracterización, evaluación, planificación, aprovechamiento, regeneración, reposición, protección y control del bosque conducentes a asegurar la producción sostenible y la conservación de la diversidad biológica y el ambiente. Para contribuir al logro de los objetivos mencionados anteriormente es frecuente adoptar la alternativa de establecer plantaciones con especies forestales de rápido crecimiento, ya sean nativas o exóticas. Esto es un reflejo de lo que ocurre a nivel mundial, donde las plantaciones forestales cumplen un papel cada vez más importante en el abastecimiento de madera y en la reposición de los bosques. Por ejemplo entre 1980 y 1990 la superficie de los trópicos convertida a plantaciones aumentó de 18 a 44 millones de hectáreas y esta tendencia continua (Prebble 1997).

En el Perú, se ha estimado una deforestación acumulada de aproximadamente 5 millones de hectáreas. Sin embargo los esfuerzos por reforestar son todavía muy reducidos y básicamente están a cargo del sector público. Las cifras acumuladas hasta 1998 estiman un total de 605 825 hectáreas reforestadas a nivel nacional, mientras que en el 2000 se reforestó 67.625 hectáreas (ARP 2002). La mayor parte de estas plantaciones se hallan en la Región Andina y son de especies exóticas como *Eucalyptus* y *Pinus* (Reis 1997), mientras que las plantaciones con especies nativas son bastante menores. La Región Amazónica, a pesar de ser la más extensa región boscosa del Perú (70 millones de hectáreas aproximadamente) y estar sometida constantemente a procesos de extracción forestal, no presenta mayor actividad de reforestación. Pese a existir en la legislación peruana, disposiciones específicas que obligan a los extractores forestales en la región amazónica a la ejecución de programas de reforestación, a la fecha el cumplimiento ha sido muy restringido, debido a la falta de tradición silvicultural de la mayoría de los extractores forestales, a la insuficiencia de implementos técnicos, a una presencia muy temporal en las áreas de extracción y a los costos involucrados.

1.2 Importancia y justificación de la presente investigación

En el Perú existe insuficiencia de elementos técnicos para la implementación de plantaciones, especialmente cuando se desea establecer especies nativas del bosque húmedo tropical. La experiencia generada en el Perú se concentra especialmente en tres sitios en la cuenca amazónica: Chanchamayo, Jenaro Herrera y Von Humboldt (APODESA 1986; Vidaurre 1994) y la información obtenida está dispersa, fragmentada o se trata de experimentación inconclusa. En tal sentido, actualmente el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) cuenta con una serie de plantaciones forestales que cumplen objetivos múltiples: experimentación científica, conservación de recursos genéticos y validación de tecnologías. La mayor parte de la información generada de estas plantaciones necesita ser procesada, analizada y difundida

Tal es el caso de las plantaciones experimentales establecidas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt desde 1974, las cuales ocupan más de 800 hectáreas. Estas plantaciones representan uno de los recursos de investigación forestal más importantes en la Amazonia peruana. Sin embargo, por diversas razones, la mayor parte de la información colectada en estas plantaciones no ha podido ser analizada y difundida. Con base a estas consideraciones el presente trabajo de tesis pretende evaluar y analizar las plantaciones puras y en fajas de enriquecimiento de seis especies forestales establecidas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, a través de la comparación de parámetros de crecimiento, productividad y condición sanitaria

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

La finalidad es proporcionar a los ejecutores de planes de manejo forestal y reforestación nuevos elementos que le ayuden en las diferentes decisiones que debe tomar, desde la selección del sitio adecuado hasta el manejo posterior de las plantaciones

1.3.2 Objetivos específicos

- Comparar el crecimiento, productividad y condición sanitaria de *Cedrelinga catenaeformis*, *Amburana cearensis*, *Swietenia macrophylla*, *Copaifera reticulata*, *Aspidosperma macrocarpon* y *Simarouba amara* establecidos bajo el sistema de plantaciones puras a campo abierto

- Determinar el efecto del sistema de plantación, el tipo de suelo y la topografía en el crecimiento, la productividad y la condición sanitaria de *Cedrelinga catenaeformis* y *Amburana cearensis* establecidos en fajas de enriquecimiento.

1.4. Hipótesis

- En plantaciones puras a campo abierto, bajo similares condiciones de sitio, las distintas especies forestales no muestran diferencias significativas en crecimiento, productividad y condición sanitaria.
- No existen diferencias significativas en crecimiento, productividad y condición sanitaria de *Cedrelinga catenaeformis* y *Amburana cearensis* establecidos en fajas de enriquecimiento a pesar de las diferencias en el sistema de plantación utilizado, el tipo de suelo y la topografía

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la Estación Experimental Alexander von Humboldt

En el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, los estudios silviculturales se iniciaron en 1974 con el Proyecto PNUD/FAO PER/71/551 "Demostración de Manejo y Utilización Integral de Bosques Tropicales" a cargo de la FAO (Carrera 1987). Dicho proyecto tuvo como centro de acciones la Estación Experimental Forestal Alexander von Humboldt (EEAvH). El objetivo principal fue elaborar un plan piloto de manejo del bosque; para lo cual se elaboraron inventarios forestales, un estudio semidetallado de suelos y varios estudios dendrométricos. En los casi cinco años de trabajo del proyecto se establecieron diversos ensayos de plantaciones forestales con especies nativas y exóticas principalmente *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Pinus caribaea* (Masson y Ricse 1977). El proyecto finalizó en 1978 y su cercanía a centros rurales propició la invasión de las áreas experimentales por agricultores migratorios, los cuales destruyeron la mayor parte de las plantaciones para la instalación de cultivos agrícolas y pasturas.

En 1982 se inició el Proyecto "Estudio conjunto sobre investigación y experimentación en regeneración de bosques en la Zona Amazónica de la República del Perú" llevado a cabo por un convenio entre la Cooperación Técnica Japonesa (JICA) y el Instituto Nacional Forestal del Perú (INFOR). El objetivo fue establecer un sistema técnico de regeneración del bosque húmedo tropical, basado en la regeneración natural y artificial (INFOR-JICA 1985). Se delimitó un área de 1500 ha, donde se establecieron 830 ha de plantaciones experimentales, consistentes en fajas de enriquecimiento, plantaciones a campo abierto, plantaciones bajo dosel y manejo de regeneración natural en sistemas puros (una sola especie) y mixtos, es decir con varias especies (APODESA 1987; INIAA-JICA 1991; Vidaurre 1994; Angulo 1995). Asimismo se realizaron estudios en técnicas de vivero, dendrología y fenología de árboles, manejo y conservación de semillas y entomología forestal para el control de *Hypsipyla grandella*. Las principales especies bajo estudio fueron *Cedrelinga catenaeformis*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana cearensis*, *Cedrela odorata*, *Copaifera officinalis*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Terminalia amazonia*, *Guazuma crinita*, *Parkia oppositifolia*, *Schizolobium amazonicum*, *Simarouba amara* y *Myroxylon balsamun*. Resultados preliminares de estas plantaciones están presentes en varios informes del proyecto (INIAA-JICA 1991, Angulo 1995).

Aunque las actividades del proyecto estaban planificadas hasta 1991, los crecientes problemas sociales de la región asociados a la subversión a fines de la década de los 80, hizo que el JICA se retirara de la Estación Experimental Alexander von Humboldt en 1990. Desde aquel año las plantaciones experimentales están a cargo del Programa Nacional de Investigación en Agroforestería y Cultivos

Tropicales del INIA, el cual ha podido asegurar que los ensayos establecidos reciban cierto mantenimiento y algunas evaluaciones regulares

2.2. Descripción de plantaciones en fajas de enriquecimiento

Las plantaciones de enriquecimiento son un conjunto de sistemas de regeneración artificial de bosques mediante el cual la regeneración natural presente en los bosques es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas. Estos sistemas se aplican principalmente en bosques explotados comercialmente o en aquellos que por alguna razón carecen de suficiente regeneración natural (Aubreville 1953, Budowski 1956, Dawkins 1958, Lamb 1969, Weaver 1987, Lamprecht 1990, Mayhew y Newton 1998)

Uno de estos sistemas es la plantación en líneas o fajas de enriquecimiento, la cual consiste en el establecimiento de una masa de árboles en líneas espaciadas a intervalos iguales o algo mayores que el diámetro de copa estimado para el producto final. Para algunos autores el objetivo de las plantaciones de enriquecimiento es incrementar la proporción de árboles valiosos en un bosque degradado o bosque secundario (Evans 1992; Mayhew y Newton 1998) mientras que otros indican que la finalidad es convertir un bosque natural degradado en una plantación valiosa en la madurez, cuando los árboles plantados formen un dosel homogéneo (Weaver 1987; Lamprecht 1990). Boerboom y Graaf (1992) señalan que frecuentemente son razones de tipo ambiental las que determinan el uso de este sistema de plantación, por ejemplo la protección del suelo y la reserva de nutrientes o crear un microclima adecuado para la plantación.

Este sistema de plantación ha sido llevado a cabo en diversos lugares del trópico mundial principalmente en las ex-colonias inglesas y francesas en África y Asia desde finales del siglo XIX. En América tropical se han llevado a cabo ensayos de este tipo desde México hasta Brasil (Vega 1976, CONIF 1986, Weaver 1987, Vidaurre 1994). Un resumen de la historia de las plantaciones de enriquecimiento nos muestra que hubieron éxitos y fracasos.

Las principales causas de los fracasos fueron:

- Insuficiente apertura del dosel superior
- Carencia de mantenimiento adecuado a las plantas establecidas

- Inadecuada selección de especies (especies de lento crecimiento)
- La plantación fue abandonada y las plantas murieron

Los éxitos han sido atribuidos a:

- Empleo de especies forestales de rápido crecimiento
- Adecuada apertura del dosel superior
- Mantenimiento adecuado de las plantas establecidas.
- Ausencia de plagas que ataquen a las especies establecidas tales como el “barrenador de las Meliaceae” *Hypsipyla grandella*

Por otro lado Weaver (1987) ofrece una lista de 163 especies forestales ensayadas en 12 países del neotrópico bajo el sistema de plantaciones de enriquecimiento. La mayor parte de plantaciones establecidas fueron a nivel experimental (Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, México, Perú, Puerto Rico, Surinam, Trinidad, Venezuela e Islas Vírgenes) y solo en tres países (México, Puerto Rico y Surinam) se establecieron plantaciones a gran escala. Asimismo indica que al menos 25 de estas especies han sido señaladas como satisfactorias por los investigadores, entre ellas *Cedrelinga catenaeformis*, *Simarouba amara*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Didymopanax morototoni* y *Cordia alliodora*. A nivel mundial, otras especies exitosas aunque no americanas son *Khaya ivorensis*, *Terminalia ivorensis*, *Entandrophragma angolense* y *Tarrietia utilis* (Pierront 1994?).

2.3 Descripción de las plantaciones experimentales

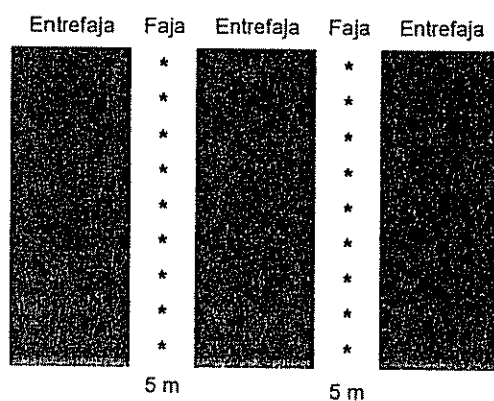
Las plantaciones experimentales en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt fueron establecidas entre 1982 y 1988 como parte del Proyecto INFOR-JICA. Un total de 44 especies nativas fueron ensayadas en dos sistemas generales de plantación cuya distribución se muestra en el Anexo 1. El valor comercial actual y potencial, existencia de información previa y la disponibilidad de material reproductivo en la región fueron los criterios básicos para la selección de las especies.

2.3.1. Fajas de enriquecimiento

Se ensayaron 37 especies forestales nativas en tres tipos de fajas de enriquecimiento en un bosque aprovechado comercialmente:

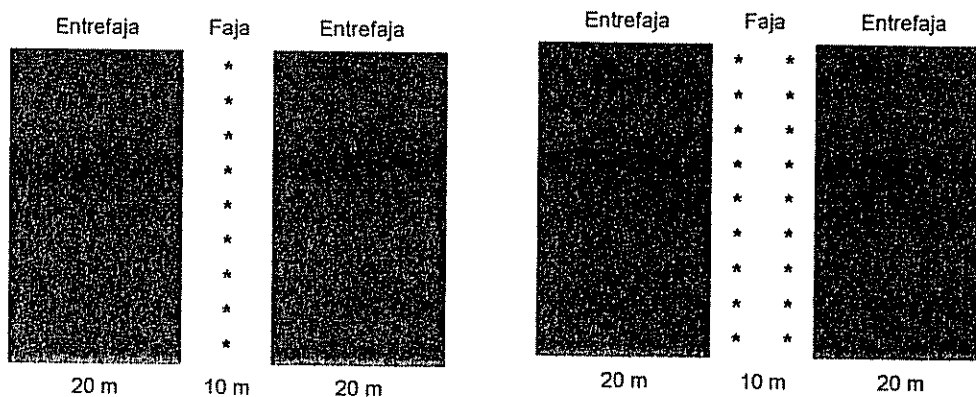
- **Fajas de 5 m de ancho.** Bajo este sistema, se instaló una línea de árboles en el centro de la faja, con una separación de 3 o de 5 m entre plantas. Las entrefajas utilizadas fueron de 10, 15 y 20 m de ancho. La longitud de las fajas fue variable según el terreno disponible, desde 50 m hasta casi 1 km. Se determinó en el momento del establecimiento de la plantación una intensidad relativa de luz de 31%, medidos en el centro de la faja con el uso de fotómetros (Carrera 1987, Vidaurre 1994)

Fig 1 – Fajas de enriquecimiento de 5 m de ancho y entrefaja de 10-20 m de ancho. Los árboles están señalados con un asterisco



- **Fajas de 10 m de ancho.** Se tienen dos variaciones bajo este sistema. En el primer caso los plántones fueron ubicados en el centro de la faja a una distancia de 5 m entre plantas. En el segundo caso se colocaron dos filas de árboles con una separación de 3 m entre filas y 3 m entre plantas. La entrefaja utilizada fue de 20 metros. La intensidad relativa de luz medida al momento de la plantación en el centro de la faja fue de 46 % (Vidaurre 1994)

Fig 2 - Fajas de 10 m de ancho y entrefajas de 20 m de ancho. Árboles señalados con un asterisco



- **Fajas de 30 m de ancho.** Hay 2 tipos de este clase fajas En el primer caso dentro de la faja hay 10 filas de árboles distanciadas 2.5 x 2.5 m En el segundo caso hay 5 m de distancia entre filas y 15 m de distancia entre árboles. La intensidad relativa de luz medido en el centro de la faja al momento de la plantación fue de 68 % (Vidaurre 1994)

Fig 3 - Fajas de 30 m de ancho Caso A: 2.5m entre árboles y entre filas Árboles señalados con asteriscos

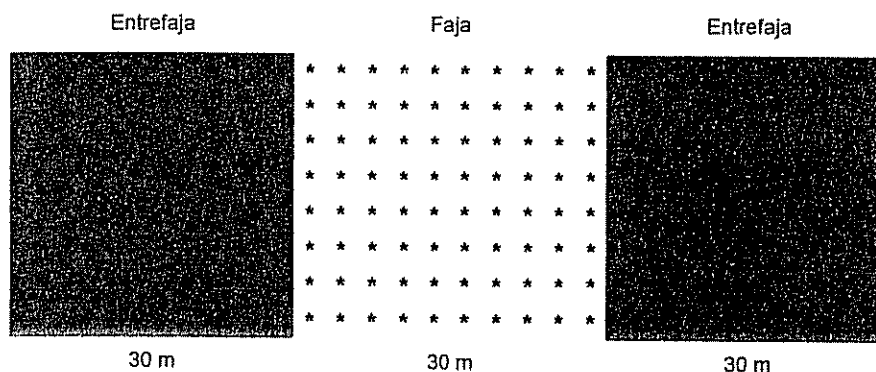
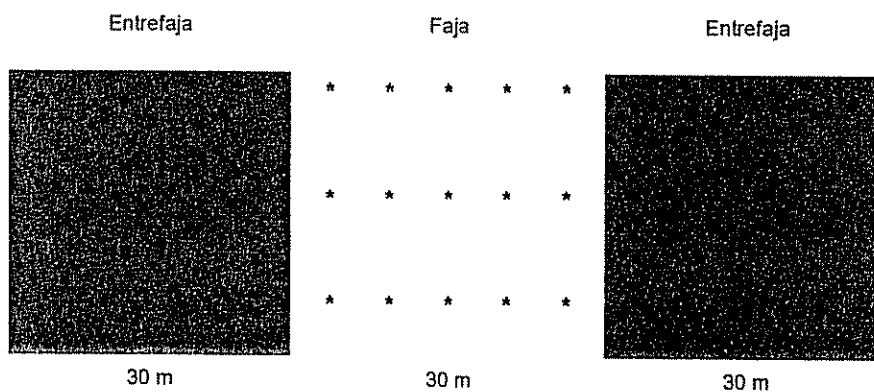


Fig 4 - Fajas de 30 m de ancho Caso B: 15m entre árboles y 5 m entre filas Árboles señalados con asteriscos.



En general, la longitud de las fajas de todos los sistemas fue variable, dependiendo básicamente de las características del terreno y de la disponibilidad del área. En la Fig 5 se muestra las diversas áreas experimentales establecidas en el Bosque A von Humboldt

2.3.2 Plantaciones puras

También denominado plantación a campo abierto o tala rasa. El diseño de campo consistió originalmente en parcelas de 1 ha para cada una de las especies ensayadas. Se establecieron un total de 44 ha bajo este sistema. El espaciamiento entre plantas fue de 3 x 3 m por lo que se establecieron 1111 plantas/ hectárea. La intensidad relativa de luz es obviamente de 100 %. El terreno utilizado fue un campo de cultivo con 7 años de abandono sobre un suelo principalmente de tipo gleysol y acrisol (Carrera 1987). La fisiografía es de plana a ondulada (Vidaurre 1994). En el territorio peruano no se reporta experiencias similares en sitios de iguales condiciones ecológicas, aunque hay experiencias en bosques aluviales amazónicos de la zona de Jenaro Herrera (Vidaurre 1994) y de Puerto Almendras. En la Fig 6 se muestra la ubicación de las plantaciones puras dentro de la Estación Experimental Von Humboldt. En la Fig 5 se muestra la disposición de campo de estas plantaciones.

Fig 5. Disposición de campo de las plantaciones puras en la Estación Experimental Alexander von Humboldt

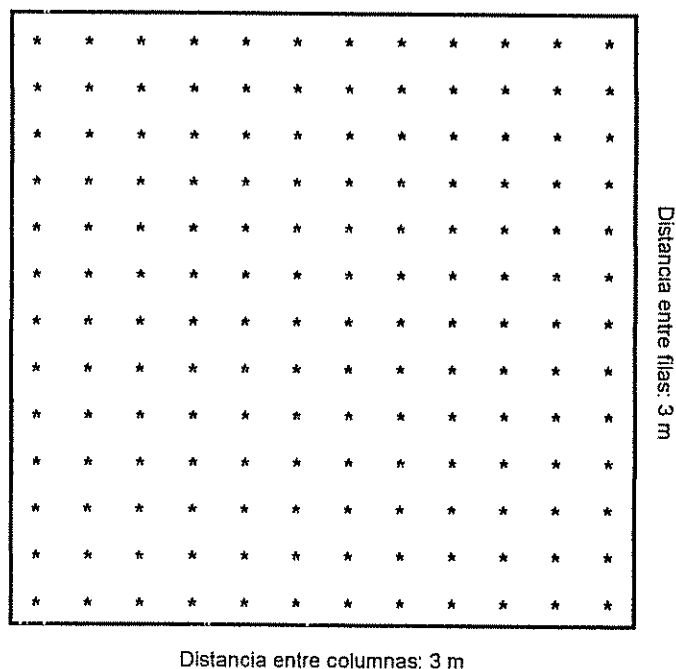
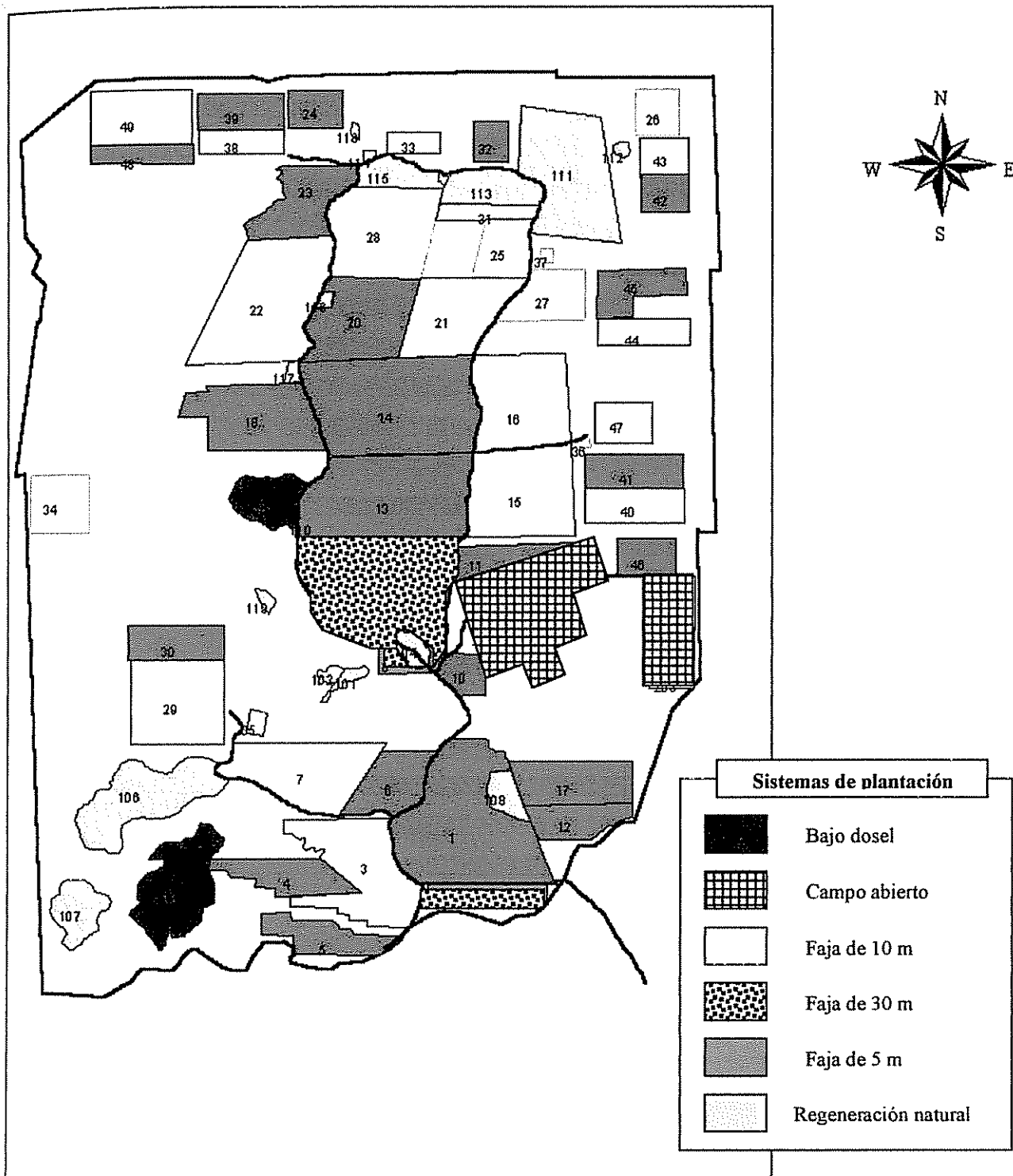


Figura 6 – Area experimental del Bosque Nacional Alexander von Humboldt Sistemas de plantación ensayados



2.4 Especies bajo estudio

2.4.1 *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Ducke) (Mimosaceae)

Nombre común: "tornillo" *C. catenaeformis* es actualmente la especie forestal nativa más promisoría en la Amazonia peruana. Es una especie forestal con características maderables valiosas y tiene un uso muy difundido en el Perú. Está considerada entre las cinco especies forestales más apreciadas por el poblador amazónico desde el punto de vista económico (Labarta & Weber 1998) y comercialmente es una de las maderas más utilizadas (INRENA-OIMT 1995). Los árboles de "Tornillo" forman parte del estrato dominante del bosque donde se desarrollan, con una altura total que puede alcanzar entre 25 y 50 m, una altura comercial entre 15 – 25 m y un diámetro a la altura del pecho de 60 a 150 cm (López 1981). El tronco es generalmente recto, con una corteza que se asemeja a la de *Cedrela odorata*. La madera es de densidad media (0.46 gr/cm^3) y es usada en estructuras, carpintería, construcciones navales, carrocerías, muebles, ebanistería, puntales y juguetería (Vidaurre 1994).

Cuadro 1 – Experiencias con plantaciones de *C. catenaeformis* en algunos países de América Tropical

País	Edad	Espaciam	Altura promedio	DAP promedio	IMA Altura	IMA DAP	Volumen/ha	Fuente
Brasil	8 años	5 x 5 m	9.0 m	7.0 cm	1.12 m/año	0.87 cm/año	-	Kanashiro (1991)
Brasil	4 años	-	2.54 m	-	0.64 m/año	-	-	Bleijendaal citado por CONIF (1986)
Brasil	-	5 x 5 m	13.9 m	15.3 cm	-	-	-	Loureiro (1979)
Colombia	4 años	-	5.2 m	4.8 cm	1.3 m/año	1.2 cm/año	-	CONIF (1986)
Colombia	5 años	3 x 3 m	9.8 m	-	1.1-2.0 m/año	-	-	Martínez y Rodríguez (1987)
Perú	37 años	-	30 m de altura comercial	110 cm	-	-	-	Vidaurre (1994), Burgos (1954)
Perú	10 años	Fajas	20 m	23 cm	2.0 m/año	2.3 m/año	-	Blaser (1985)
Perú	10 años	-	15-19 m	17 cm	-	-	-	Vidaurre (1994); Carrera (1987)
Perú	18 años	4 x 4 líneas	25 m alt máx.	23 cm	-	-	-	Hostettler (1990)
Perú	15 años	-	22 m	27 cm	1.46 m/año	1.8 cm/año	-	Lamprecht (1990)
Perú	23 años	-	20.9 m	39.7 cm	0.9 m/año	1.72 cm/año	-	Revoredo (1999)
Perú	15 años	-	24 m	29 cm	> 1.5 m/año	> 1.5 cm/año	133 m ³ /ha	Baluart (1999)

En el Cuadro 1 se resumen los resultados de diversos experimentos con plantaciones de *C. catenaeformis* llevados a cabo en Perú, Brasil y Colombia. En Yurimaguas, Perú se instalaron plantaciones agroforestales en multiestrato que incluían como estrato superior a *C. catenaeformis*. Algunas características de esta especie que la hacen deseable para sistemas agroforestales son capacidad de fijar nitrógeno (Vidaurre 1994), su rápido crecimiento (Blaser *et al.* 1985; Maruyama 1987; Botosso *et al.* 1991; Vidaurre 1994), buen sistema radicular (Magalhaes *et al.* 1984) y copa medianamente amplia.

Otro estudio se realizó en la Amazonia ecuatoriana (Woodward 1996) acerca de los efectos de la compactación del suelo y la eliminación de la hojarasca sobre las propiedades del suelo y sobre el crecimiento de *C. catenaeformis*, *Caryodendron orinocense* y *Virola elongata*, encontrándose que hubo una reducción en el crecimiento en altura en todas las especies, pero el crecimiento diamétrico solo se redujo en *C. catenaeformis*.

2.4.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (Fabaceae)

Nombre común en Perú: "Ishpingo". No es raro encontrar confusión sobre nombres de especies entre los investigadores y cultivadores de *Amburana*. Las mismas especies pueden ser mencionadas usando diferentes nombres en diferentes países, por diferentes investigadores y en diferentes colecciones de semillas (Whitmore *et al.* 1990, Carvalho 1994, Galván 1996, Soudre *et al.* 1996, D'Oliveira 2000). Sin embargo las últimas relaciones taxonómicas manejadas por instituciones como Missouri Botanical Garden y New York Botanical Garden, señalan la existencia de dos especies distintas:

Amburana acreana (Ducke) A.C. Smith, con sinónimo *Torresia acreana* y mencionada por primera vez en la revista *Arquivos do Instituto de Biologia Vegetal* en 1935. Crece en las regiones amazónicas de Perú, Bolivia y Brasil (MSB-HNB 1993, Carvalho 1994, Mostacedo 2001, New York Botanical Garden 2002).

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith, con sinónimo *Torresia cearensis* Allemão y mencionada por primera vez en la revista *Trab. Comm. Sc. Expl. Ceara Secc. Bot.* en 1862. Crece en zonas de Brasil, Bolivia, Argentina, Paraguay y Perú.

Con respecto a *Amburana cearensis* se han realizado estudios experimentales de crecimiento en Perú, Brasil y Paraguay. Es una especie muy explotada comercialmente por su alto valor económico (INRENA-OIMT 1995) y está amenazada de desaparición en algunos lugares (Whitmore *et al.* 1990). En el Perú se reportan ensayos silviculturales en la Estación Experimental Alexander von Humboldt

g/cm³ y buena trabajabilidad aunque es susceptible al ataque de insectos y hongos. Se emplea en interiores, cajas, tableros contrachapados y tableros de partículas.

Por su rápido crecimiento, esta especie ha sido plantada en grandes extensiones, en áreas tropicales de América del Sur y América Central. En el Perú se ha establecido plantaciones experimentales con esta especie desde 1974 aunque los resultados no fueron satisfactorios (Masson y Riese 1977). En la Estación Experimental Alexander von Humboldt se realizaron plantaciones en fajas reportándose alturas totales de 15.79 m a los 10 años (Angulo 1995). En Colombia se realizaron plantaciones en fajas de enriquecimiento y a campo abierto, comprobándose que en este último caso hubieron mejores resultados (CONIF 1986). En las plantaciones en la Estación Jenaro Herrera (Loreto, Perú) *Simarouba amara* destacó con incrementos medios anuales de más de 1,5 cm en diámetro y 1,5 m en altura.

2.4.5 *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (Apocynaceae)

Nombre común: "Pumaquiro". *A. macrocarpon* se encuentra en bosques primarios no inundados. Se extiende en todo el norte de América del Sur, la Amazonía Central y occidental hasta el Paraguay. Se presenta en bosques húmedos de llanura (Angulo 1996, Mostacedo *et al* 2001). Su madera es resistente con densidad básica de 0.67 gr/cm³. Es una especie decidua, heliófita, de lento crecimiento. En la Estación Experimental Alexander von Humboldt en plantaciones en fajas de enriquecimiento de 5 m de ancho mostraron a los 9 años de edad una altura promedio de 5.72 m y en fajas de 10 m una altura de 11.65 m (Angulo 1996). En otros ensayos en fajas de enriquecimiento ejecutados en la misma zona pero en la década de los setenta se obtuvo un DAP de 7.2 cm a los 10 años de edad (Castillo 1987). Otras especies similares como *A. polyneuron* también muestran un crecimiento bastante lento, con un incremento medio anual de solo 0.5 m en las dos primeras décadas de vida (Carvalho 1994).

2.4.6 *Copaifera reticulata* Ducke (Caesalpinaceae)

Nombre común: "Copaiba". Los árboles de *C. reticulata* son encontrados en Brasil, Colombia, Surinam, Perú y Venezuela. Son árboles de hasta 30 m de altura y desarrollan una copa muy amplia y ramificada. *C. reticulata* posee una madera pesada, con una resistencia mecánica de media a alta y relativamente fácil de aserrar (INIA 1999). Se emplea para vigas, carpintería, pisos, encofrados y laminados. Existen escasos reportes sobre plantaciones experimentales o comerciales de esta especie. En el Perú existen ensayos en la Estación Experimental Von Humboldt y en la zona de Pucallpa, pudiéndose considerar como una especie de lento crecimiento (Angulo 1995; observación personal). En plantaciones en fajas de enriquecimiento se obtuvo un DAP de solo 2.5 cm al cabo de 7 años (Castillo 1987).

g/cm³ y buena trabajabilidad aunque es susceptible al ataque de insectos y hongos. Se emplea en interiores, cajas, tableros contrachapados y tableros de partículas

Por su rápido crecimiento, esta especie ha sido plantada en grandes extensiones, en áreas tropicales de América del Sur y América Central. En el Perú se ha establecido plantaciones experimentales con esta especie desde 1974 aunque los resultados no fueron satisfactorios (Masson y Ricse 1977). En la Estación Experimental Alexander von Humboldt se realizaron plantaciones en fajas reportándose alturas totales de 15.79 m a los 10 años (Angulo 1995). En Colombia se realizaron plantaciones en fajas de enriquecimiento y a campo abierto, comprobándose que en este último caso hubieron mejores resultados (CONIF 1986). En las plantaciones en la Estación Jenaro Herrera (Loreto, Perú) *Simarouba amara* destacó con incrementos medios anuales de más de 1,5 cm en diámetro y 1,5 m en altura

2.4.5 *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (Apocynaceae)

Nombre común: "Pumaquiro". *A. macrocarpon* se encuentra en bosques primarios no inundados. Se extiende en todo el norte de América del Sur, la Amazonía Central y occidental hasta el Paraguay. Se presenta en bosques húmedos de llanura (Angulo 1996, Mostacedo *et al.* 2001). Su madera es resistente con densidad básica de 0.67 gr/cm³. Es una especie decidua, heliófita, de lento crecimiento. En la Estación Experimental Alexander von Humboldt en plantaciones en fajas de enriquecimiento de 5 m de ancho mostraron a los 9 años de edad una altura promedio de 5.72 m y en fajas de 10 m una altura de 11.65 m (Angulo 1996). En otros ensayos en fajas de enriquecimiento ejecutados en la misma zona pero en la década de los setenta se obtuvo un DAP de 7.2 cm a los 10 años de edad (Castillo 1987). Otras especies similares como *A. polyneuron* también muestran un crecimiento bastante lento, con un incremento medio anual de solo 0.5 m en las dos primeras décadas de vida (Carvalho 1994).

2.4.6 *Copaifera reticulata* Ducke (Caesalpinaceae)

Nombre común: "Copaiba". Los árboles de *C. reticulata* son encontrados en Brasil, Colombia, Surinam, Perú y Venezuela. Son árboles de hasta 30 m de altura y desarrollan una copa muy amplia y ramificada. *C. reticulata* posee una madera pesada, con una resistencia mecánica de media a alta y relativamente fácil de aserrar (INLA 1999). Se emplea para vigas, carpintería, pisos, encofrados y laminados. Existen escasos reportes sobre plantaciones experimentales o comerciales de esta especie. En el Perú existen ensayos en la Estación Experimental Von Humboldt y en la zona de Pucallpa, pudiéndose considerar como una especie de lento crecimiento (Angulo 1995; observación personal). En plantaciones en fajas de enriquecimiento se obtuvo un DAP de solo 2.5 cm al cabo de 7 años (Castillo 1987).

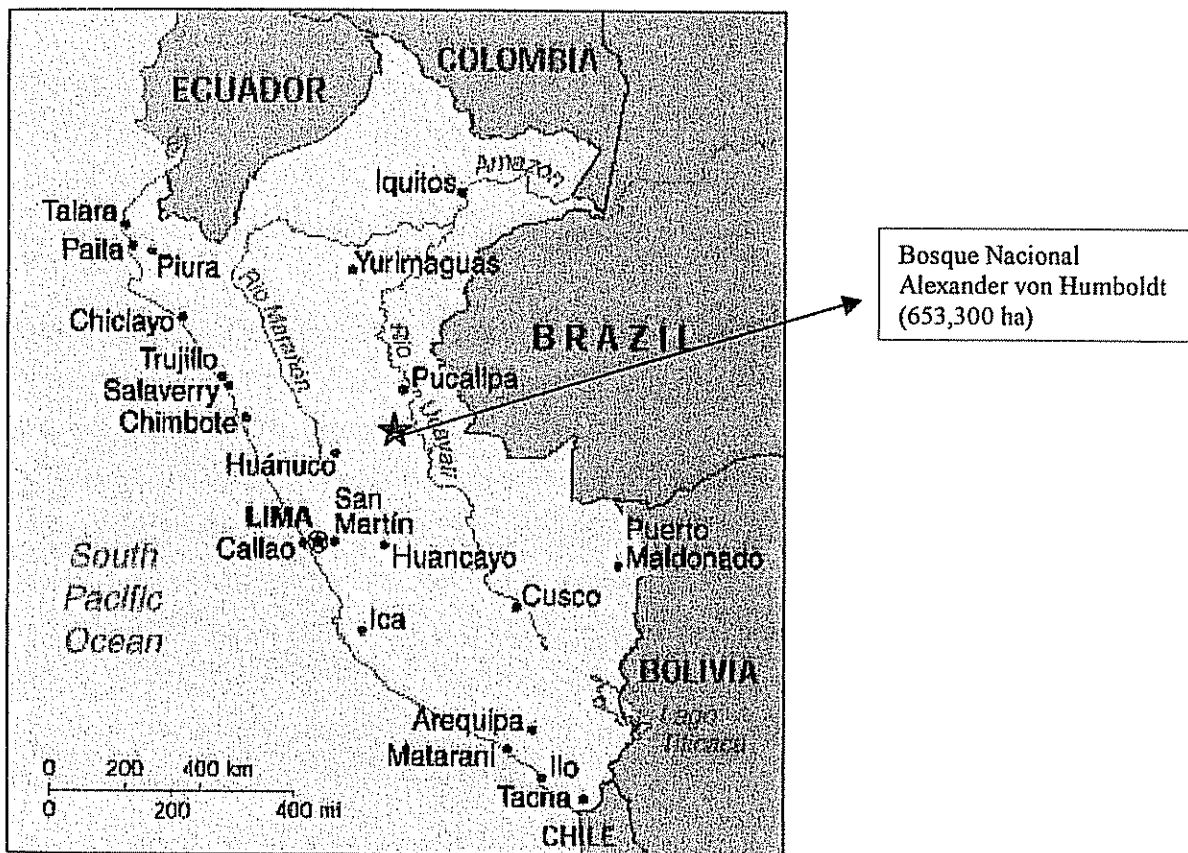
3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área experimental

3.1.1 Ubicación geográfica

La Estación Experimental Alexander von Humboldt se encuentra dentro del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, a 225 msnm y 86 km de la ciudad de Pucallpa; entre 8°31'00 – 8°50'30 Sur y 74°14'27 – 74°55'10 Oeste. Políticamente pertenece al Departamento de Ucayali, el segundo más grande de Perú. Geográficamente pertenece a la Cuenca del Río Amazonas.

Figura 7 – Mapa del Perú y ubicación del Bosque Nacional Alexander von Humboldt



3.1.2 Clima

La temperatura promedio es 26 °C; la temperatura máxima promedio es de 29.3 °C y la temperatura mínima promedio es de 24°C. La humedad relativa promedio es de 78.9 %. La precipitación anual

promedio es de 3600 mm con una estación muy lluviosa (Noviembre – Marzo) y otra de menor precipitación (Abril – Octubre)

3.1.3 Zona de vida

El área del Bosque Nacional Alexander von Humboldt incluye las zonas de vida bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical

3.1.4 Suelos

Los suelos son de origen sedimentario, de textura arcillosa a arcillo-arenosa, drenaje pobre, fácilmente compactables y pH promedio de 5.1. Según la clasificación FAO en la zona de estudio existen los siguientes tipos de suelos:

Gleysol: Específicamente Plinthic Gleysol. Ocurre en terrenos con inundación frecuente o temporal, de topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas y suaves a colinas altas suaves. En lugares donde se empoza el agua subterránea en época de lluvias, escasea el oxígeno, formando el estrato Gley de apariencia gris azulada debido a la acción del hierro.

Acrisol (Ultisol): Específicamente Plinthic Acrisol (del griego “plinthos”: ladrillo y “acris”: ácido). Ocurre en terrenos con inundaciones frecuentes a temporales, en topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas suaves y colinas altas accidentadas. Estos suelos están conformados por acumulación de arcillas roja-rojo parduzco y manchas roja-arcillosas (Plinthic) acumuladas como resultado de la acción oxidoreductora del hierro por el movimiento vertical de la napa freática (agua subterránea). En general tienen buenas condiciones físicas y son bien estructurados. Sus principales problemas son la muy baja fertilidad, problemas de acidez, exceso de aluminio y deficiencias de P.

Cambisol (Inceptisol): en terrenos de colinas bajas accidentadas y colinas altas suaves y hasta accidentadas. Se ha identificado los siguientes tipos: Vertic Cambisols, Eutric Cambisols, Chromic Cambisols y Gleyic Cambisols. En general se considera a estos suelos en proceso de formación, es decir todavía no muestran horizontes bien diferenciados.

Estos tipos de suelo son muy abundantes en el Perú. Según Sánchez y Benitez (1983), a nivel de la Amazonia peruana existe la siguiente superficie de los diferentes tipos de suelo:

Ultisoles	49.2 mill ha (65 %)
Entisoles	12.8 mill ha (17 %)
Inceptisoles	10.5 mill ha (14 %)
Alfisolos	2.3 mill ha (3 %)
Vertisoles	0.4 mill ha (1 %)

El siguiente cuadro muestra las características de los suelos en el área de estudio

Cuadro 2 - Principales características de los suelos en el área de estudio (INIA-JICA 1991)

Suelo	Capa	pH	Carbón %	Nitrógeno %	Naturaleza	Mineral arcilloso	CEC meq
Vertic Cambisol	A	6.4	4.4	0.40	Suelo arcill. Pesado	Principal: esmectita Accesorio: caolín	43
	B	Sin datos	0.3	0.05	Suelo arcill. Pesado	Igual al anterior	29
Gleyic Cambisol	Ag	6.1	4.2	0.38	Suelo arcill. Ligero	Principal: esmectita Accesorio: caolín	Sin datos
	B	5.2	0.5	0.07	Suelo arcill. Pesado	Igual al anterior	Sin datos
Plinthic Acrisol	A	3.6	1.2	0.12	Franco arenoso	Principal: caolín Accesorio: mica	7.1
	B	4.3	0.4	0.06	Suelo arcill. ligero	Igual al anterior	11.4
Plinthic Gleysol	Ag	5.5	2.7	0.27	Franco arcillo arenoso	Principal: esmectita Accesorio: mica	15.1
	B	4.8	0.5	0.09	Suelo arcill. ligero	Principal: esmectita Accesorio: caolín	19.6

3.1.5 Topografía

El Bosque Nacional Alexander von Humboldt está ubicado a una altura entre 240 y 340 msnm, los que a grandes rasgos se divide en tres zonas topográficas características:

Zona plana: Casi sin ningún accidente topográfico. En época de lluvias hay empozamiento de aguas.

Zona ondulada: Formación de ondas regulares de 5 a 10 m. Dentro de áreas con estas características, la parte alta tiene buen drenaje y la parte baja es húmeda y con mal drenaje.

Zona colinosa: Son elevaciones de 10 a 50 m con pendientes muy pronunciadas en algunos lugares Su drenaje es óptimo por su talud entre mediano a pronunciado.

3.2 Material experimental

El material experimental son las plantaciones establecidas entre 1982 y 1985 por el Proyecto INFOR-JICA en la EEAvH. El área experimental es de 1,500 ha y la superficie total de plantaciones que se establecieron es de 830 ha distribuidos en fajas de enriquecimiento (700 ha), plantaciones a campo abierto (32 ha), plantaciones bajo dosel (16 ha) y manejo de regeneración natural en sistemas puros y mixtos (82 ha). En total se ensayaron 44 especies nativas y exóticas propias del bosque húmedo tropical. De ellas, por lo menos 16 se encuentran en combinaciones de tres tipos de fisiografía, tres tipos de suelo y tres sistemas de plantación.

3.3 Ensayo en plantaciones puras

Las especies estudiadas son *Amburana cearensis*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla*, *Simarouba amara*, *Cedrelinga catenaeformis* y *Copaifera reticulata* y lo que se persigue es comparar estas especies en término de crecimiento, productividad, calidad y estado sanitario bajo las condiciones del sitio de ensayo. El área del ensayo está compuesto de bloques de 1 ha para cada especie.

3.3.1 Unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron parcelas temporales rectangulares. Para cada especie se establecieron 4 parcelas seleccionadas en función al número de árboles actuales por unidad de área. La selección se llevó a cabo después de un recorrido por el área experimental. La parcela total es de 30 x 33 (990 m²) por lo que cada parcela incluye 110 árboles, ya que el distanciamiento entre árboles es de 3 x 3 m, tal como se indicó en el punto 2.2.2. Ver el Anexo 2 para el cálculo de este número de individuos.

3.3.2 Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron las seis especies forestales estudiadas. El número total de unidades experimentales es de 4 parcelas por 6 tratamientos (especies), con un total de 24 parcelas. El modelo aditivo lineal del experimento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Valor observado en la j-ésima repetición de la i-ésima especie forestal

μ = Media del experimento

α_i = Efecto de la i-ésima especie forestal

ε_{ij} = Error experimental

3.3.3 Mediciones

Para las mediciones de campo se utilizó la metodología del Sistema MIRA-SILV (Ugalde 2002), la cual incluye formularios estandarizados (Anexo 7) para la medición de las distintas variables a ser evaluadas, las que se presentan a continuación:

- **Diámetro (cm):** Diámetro a la altura del pecho (1.3 m) medido con cinta diamétrica
- **Altura total (m):** Altura hasta la cima; con barra telescópica o con hipsómetro Suunto
- **Altura comercial (m):** Altura del fuste hasta la primera ramificación fuerte.
- **Calidad del fuste:** Apreciación visual. Se utilizó la clasificación del Sistema MIRA-SILV
- **Estado fitosanitario:** Apreciación de la salubridad del árbol. Se utilizó la clasificación del Sistema MIRA-SILV
- **Iluminación y forma de la copa:** Apreciación visual. Se utilizará el sistema de clasificación de Synnot (1979). Ver sistema de clasificación en Anexo 3 y 4.

3.3.4 Parámetros a estimar

En 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 promedio (m), altura dominante (m), altura comercial (m) e incrementos medios anuales para diámetro (IMADAP) y altura total (IMAALT).

Parámetros de productividad: Área basal por hectárea (m^2/ha); volumen por hectárea (m^3) e incrementos medios anuales para volumen (IMAVOL)

Parámetros de forma y sanidad: Calidad de fuste, estado fitosanitario del árbol, forma de copa, posición de copa

3.3.5 Análisis de la información

La información de campo fue almacenada y procesada en el software MIRA-SILV (Ugalde 2000) que permite obtener los promedios estimados por parcela experimental y para cada variable estudiada. Posteriormente para cada parámetro obtenido se realizaron los siguientes análisis estadísticos utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1989):

Parámetros de crecimiento y productividad - Se realizó el análisis de variancia (ANDEVA) para la comparación de medias y determinar diferencias estadísticas. La comparación entre medias individuales se realizó utilizando la Prueba de Duncan. Además se muestra gráficamente la distribución diamétrica de cada tratamiento. Asimismo se presentan gráficos de barras que muestran los valores de cada parámetro para los todos los tratamientos. Los rangos máximos y mínimos de DAP, altura total, área basal y volumen también son presentados. Adicionalmente se incluye curvas altura total - DAP para cada especie ensayada.

Parámetros de forma y sanidad.- Se presenta para cada parámetro gráficos y/o cuadros de la distribución de las frecuencias absolutas o relativas. Se aplicó una prueba ji-cuadrada (Steel y Torrie 1980), para someter a prueba la hipótesis de independencia de las frecuencias de categorías de los parámetros con respecto a las especies.

3.4 Ensayo en fajas de enriquecimiento con *C. catenaeformis* y *A. cearensis*

De las 16 especies estudiadas bajo este sistema, el presente trabajo de tesis analizará a las especies *Cedrelinga catenaeformis* "Tornillo" y *Amburana cearensis* "Ishpingo", escogidas debido a su alta importancia económica y a la extensión y buen estado de las plantaciones experimentales en la Estación Experimental Alexander von Humboldt. Cada especie se analizará por separado y posteriormente se compararán sus resultados. Para el presente estudio se ha considerado 3 factores con 3 niveles cada uno: Sistemas de plantación (Fajas de 5 metros, 10 metros y 30 metros), tipos de suelo (Gleysol, Acrisol y Cambisol) y topografía (Plano, ondulado y colinoso).

3.4.1. Diseño experimental

El experimento muestra un arreglo factorial truncado de 3^3 . Sin embargo en el sitio experimental solo se hallaron las combinaciones mostradas en el Cuadro 3 para cada una de las especies bajo estudio

Cuadro 3 – Listado de tratamientos por especie (recuadros sombreados)

Suelo	Fisiografía	Sistema de Plantación	Tratamiento resultante	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	<i>Amburana cearensis</i>
Gleysol	Plano	5 m	GLEPLA05		
		10 m	GLEPLA10		
		30 m	GLEPLA30		
	Ondulado	5 m	GLEOND05		
		10 m	GLEOND10		
		30 m	GLEOND30		
	Colinoso	5 m	GLECOL05		
		10 m	GLECOL10		
		30 m	GLECOL30		
Acrisol	Plano	5 m	ACRPLA05		
		10 m	ACRPLA10		
		30 m	ACRPLA30		
	Ondulado	5 m	ACROND05		
		10 m	ACROND10		
		30 m	ACROND30		
	Colinoso	5 m	ACRCOL05		
		10 m	ACRCOL10		
		30 m	ACRCOL30		
Cambisol	Plano	5 m	CAMPLA05		
		10 m	CAMPLA10		
		30 m	CAMPLA30		
	Ondulado	5 m	CAMOND05		
		10 m	CAMOND10		
		30 m	CAMOND30		
	Colinoso	5 m	CAMCOL05		
		10 m	CAMCOL10		
		30 m	CAMCOL30		

Las razones por la que no se hallaron ensayos en todas las combinaciones mostradas en el Cuadro 3 son:

- No existe en forma natural algunas de las combinaciones de factores en estudio. Por ejemplo: no se hallaron suelos gleysoles en zonas colinosas o suelos cambisoles en terrenos planos

- No se establecieron ensayos en algunas combinaciones de factores.
- Los ensayos establecidos en algunas combinaciones ya no existen, fueron destruidos por causas naturales o humanas (incendios, invasiones, etc)

Se utilizó un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. Los cálculos utilizados para determinar el tamaño de parcela adecuado se muestra en el Anexo 2 y fue realizado en base a información disponible de anteriores evaluaciones de las plantaciones de Von Humboldt realizados por el INIA en 1996 (datos sin publicar). El tamaño de muestra establecido fue de aproximadamente 100 individuos por cada tratamiento (Anexo 2), por lo que cada una de las 5 repeticiones tiene 20 individuos o árboles originales.

El número total de unidades experimentales o parcelas es de 45 para *Cedrelinga catenaeformis* (9 tratamientos por 5 repeticiones) y de 55 para *Amburana cearensis* (11 tratamientos por 5 repeticiones). El modelo aditivo lineal para el experimento es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = l -ésimo valor observado en el nivel i del factor A, nivel j del factor B y nivel k del factor C.

μ = Media del experimento

α_i = Efecto del nivel i del factor A (Tipo de suelo)

β_j = Efecto del nivel j del factor B (Fisiografía)

δ_k = Efecto del nivel k del factor C (Sistema de plantación)

ε_{ijkl} = Error experimental

3.4.2 Unidades experimentales

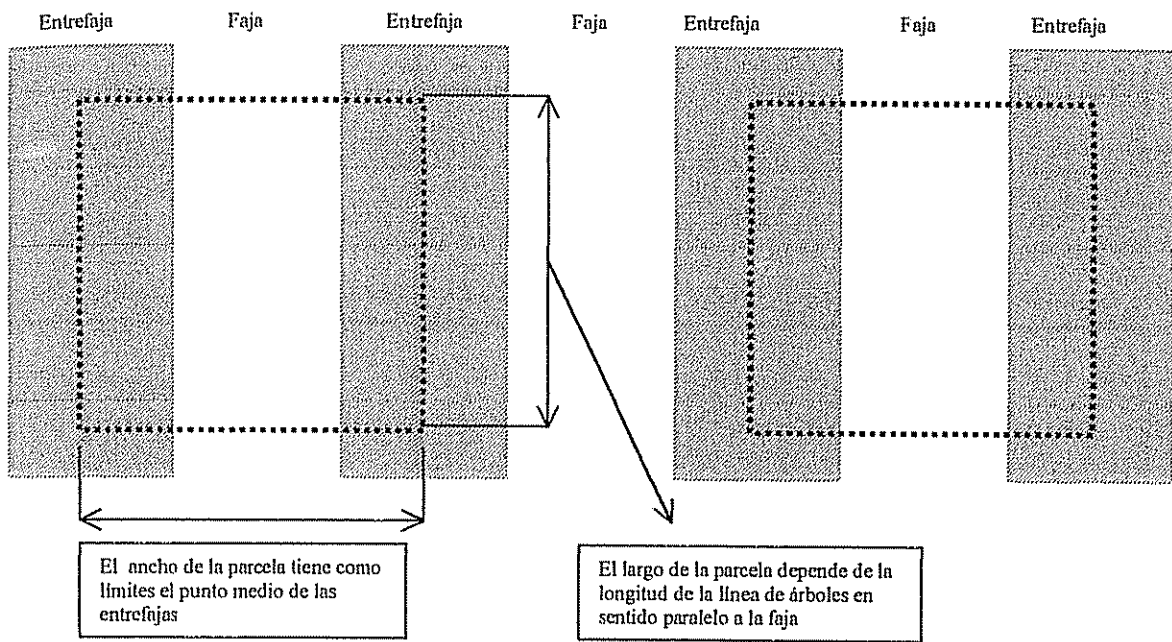
Las variables de productividad como área basal y volumen están en función de una determinada superficie de terreno. En tal sentido para el cálculo de estas variables se ha considerado 2 opciones de tamaño de parcela:

Opción 1

Largo de la parcela: Depende de la longitud de la línea de árboles en sentido paralelo a la faja.

Ancho de la parcela: Tendrá como extremos finales el punto medio de la entrefaja.

Figura 8 – Croquis de las parcelas Opción 1

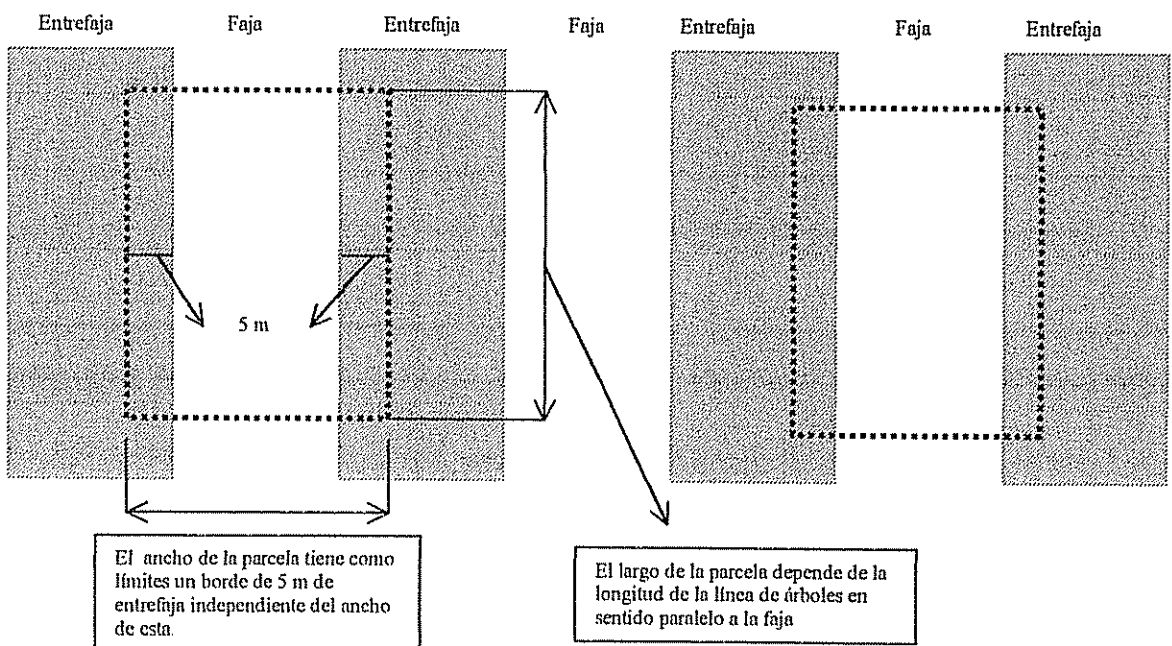


Opción 2

Largo de la parcela: Depende de la longitud de la línea de árboles en dirección paralela a la faja

Ancho de la faja: Tendrá como extremos finales un borde de 5 m de entrefaja independiente del ancho de esta.

Figura 9 – Croquis de las parcelas Opción 2



En los Anexos 5 y 6 se muestra con mas detalle el tamaño de parcela para cada uno de los tratamientos y cada una de las especies ensayadas. El área de cada una de las parcelas va a influir sobre las variables de productividad como área basal y el volumen.

El ancho de entrefaja de 5 m se eligió con el objetivo de prevenir el entrecruzamiento de copas a la edad de corta, teniendo en cuenta que se estima por ejemplo que a 30 años de edad un árbol de *Cedrelinga catenaeformis* debe tener 60 cm de DAP y entre 10-15 m de diámetro de copa (Schwyzer 1981, Blaser *et al.* 1985, Vidaurre 1994).

3.4.3 Mediciones

Para las mediciones de campo se utilizó la metodología del Sistema MIRA-SILV (Ugalde 2002), la cual incluye formularios estandarizados (Anexo 7) para la medición de las distintas variables a ser evaluadas, las que se presentan a continuación:

- **Diámetro (cm):** Diámetro a la altura del pecho (1.3 m) medido con cinta diamétrica.
- **Altura total (m):** Altura hasta la cima; con barra telescópica o con hipsómetro Suunto.
- **Altura comercial (m):** Altura del fuste hasta la primera ramificación fuerte.
- **Calidad del fuste:** Apreciación visual. Se utilizó la clasificación del Sistema MIRA-SILV.
- **Estado fitosanitario:** Apreciación de la salubridad del árbol. Se utilizó la clasificación del Sistema MIRA-SILV.
- **Iluminación y forma de la copa:** Apreciación visual. Se utilizará el sistema de clasificación de Synnot (1979). Ver sistema de clasificación en Anexo 3 y 4.

3.4.4 Parámetros a estimar

En 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 promedio (m), altura dominante (m), altura comercial (m) e incrementos medios anuales para diámetro (IMADAP) y altura total (IMAALT)

Parámetros de productividad: Área basal (m^2/ha); volumen (m^3/ha) e incrementos medios anuales para volumen (IMAVOL)

Parámetros de forma y sanidad: Calidad de fuste, estado fitosanitario del árbol, forma de copa, posición de copa

3.4.5 Análisis de la información

La información de campo fue almacenada y procesada en el software MIRA-SILV (Ugalde 2000) que permite obtener los promedios estimados por parcela experimental y para cada variable estudiada. Posteriormente para cada parámetro obtenido se realizaron los siguientes análisis estadísticos utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1989):

Parámetros de crecimiento y productividad - Se realizó el análisis de variancia (ANDEVA) para la comparación de medias y determinar diferencias estadísticas. La comparación entre medias individuales se realizó utilizando la Prueba de Duncan

Para la comparación de promedios grupales por tipo de suelo, fisiografía y sistema de plantación se realizaron pruebas de contrastes ortogonales

Se muestra gráficamente la distribución diamétrica de cada tratamiento. Asimismo se presentan gráficos de barras que muestran los valores de cada parámetro para los todos los tratamientos. Los rangos máximos y mínimos de DAP, altura total, área basal y volumen también son presentados.

Parámetros de forma y sanidad.- Se presenta para cada parámetro gráficos y/o cuadros de la distribución de las frecuencias absolutas o relativas

Se aplicó una prueba ji-cuadrada (Steel y Torrie 1980), para someter a prueba la hipótesis de independencia de las frecuencias de categorías de los parámetros con respecto a las especies

4. RESULTADOS

4.1 Plantaciones puras

4.1.1 Crecimiento

En el Cuadro 4 se resume los resultados obtenidos de las variables de crecimiento para cada una de las especies bajo estudio. También se muestra los resultados de pruebas de comparación de medias utilizando la prueba de Duncan. Posteriormente se analizará cada variable por separado. En el análisis de variancia no se incluyó a *Swietenia macrophylla* ni *Aspidosperma macrocarpon* ya que solo se pudo evaluar una parcela en el campo de las 4 necesarias. Sin embargo si se muestran sus resultados gráficamente para fines comparativos. En el Anexo 11 se muestran las distribuciones diamétricas para cada uno de los tratamientos (especies) de este experimento.

Cuadro 4 – Resumen de las variables de crecimiento para plantaciones puras de cuatro especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P < 0.05), prueba de Duncan.

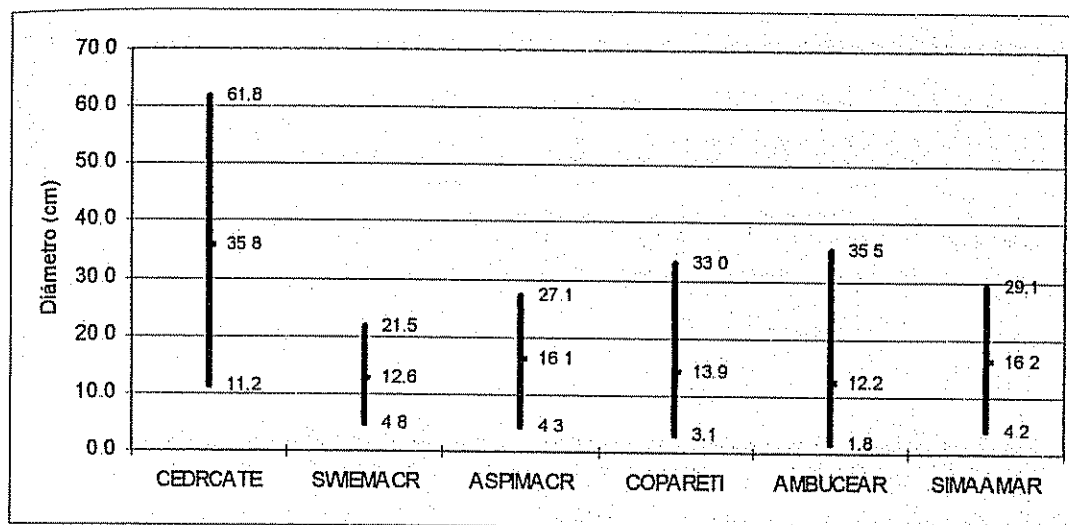
ESPECIE	Número de árboles por ha	Porcentaje de árboles actuales con respecto al número original (%)	DAP (cm)	IMA DAP (cm/año)	Altura total (m)	IMA Altura total (m/año)	Altura dominante (m)	Altura comercial (m)
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	309 b	28 B	35.80 a	1.96 a	26.42 a	1.42 a	30.77 a	10.24 a
<i>Simarouba amara</i>	745 a	67 A	16.23 b	0.87 b	14.12 b	0.75 b	19.50 b	8.21 b
<i>Copaifera reticulata</i>	846 a	76 A	13.95 bc	0.75 bc	8.07 c	0.40 c	13.20 d	5.18 c
<i>Amburana cearensis</i>	877 a	79 A	12.20 c	0.63 c	8.60 c	0.45 c	16.42 c	5.55 c
CV%	21.41	21.75	9.37	11.35	11.38	14.66	9.71	14.36
R ²	0.76	0.75	0.97	0.96	0.96	0.95	0.93	0.83
P > F	0.0005 *	0.0006 *	< 0.001 *	< 0.001 *	< 0.001 *	< 0.001 *	< 0.001 *	< 0.001 *

Diámetro a la altura del pecho (DAP)

En la Fig. 10 se muestra que en plantaciones puras *C. catenaeformis* fue la especie con mayor DAP promedio, alcanzando 35.8 cm en 20 años. *S. amara* fue la segunda especie con mejor DAP, obtuvo 16.2 cm a los 20 años, lo cual puede considerarse como muy bajo para esta especie, considerada de

rápido crecimiento. Para esta especie en plantaciones en Perú se obtuvo 24.3 cm a los 11 años (Revoredo 1999) y 26 cm a los 15 años a campo abierto aunque la fuente bibliográfica no indica la densidad de la plantación (Baluarte 1999). En Chocó (Colombia) se obtuvo un DAP de 21.4 cm a los 12.5 años (CONIF 1986) en plantaciones en líneas de enriquecimiento.

Figura 10 – Resultados en diámetro promedio (DAP en cm) por especie. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.



La distribución diamétrica de los individuos de *C. catenaeformis* (Fig. 10 y Anexo 11) muestra que a los 20 años los árboles dominantes y codominantes crecen bien, con una clara agrupación en las clases 27.2-35.1 cm y 35.2-43.1 cm, lo que demuestra el nivel de reacción de esta especie a los raleos efectuados. Para las otras especies la distribución diamétrica muestra un sesgo hacia valores bajos.

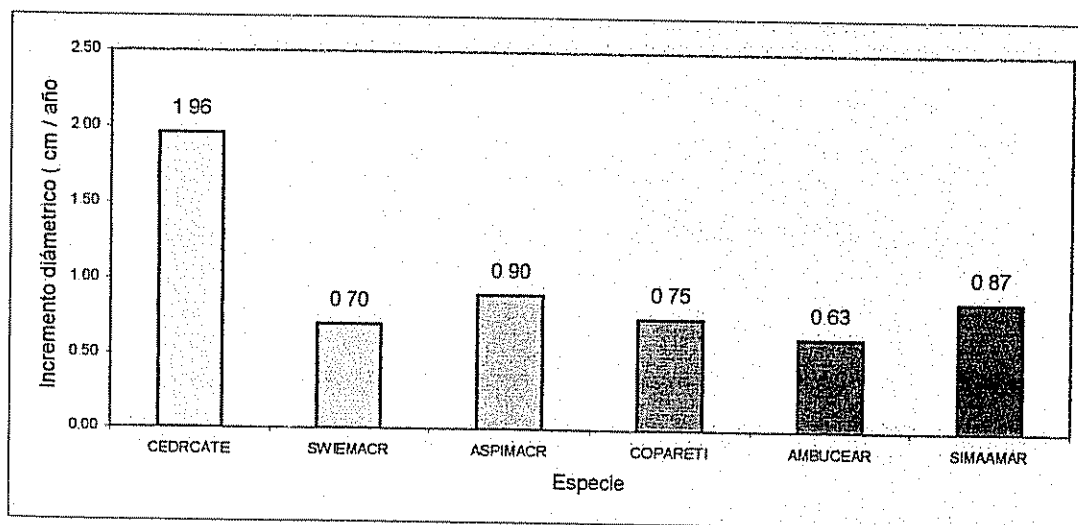
Aspidosperma macrocarpon también obtuvo un DAP promedio (16.1 cm) relativamente alto, a pesar de ser considerada una especie de lento crecimiento. A nivel individual se obtuvo un DAP máximo de 27.1 cm para un individuo de 25 m de altura total y 15 m de altura comercial, lo cual indicaría que con un buen adecuado manejo, el desarrollo de los árboles en las condiciones del sitio se incrementaría significativamente. Como comparación en fajas de enriquecimiento en Von Humboldt se obtuvo un DAP de 10.4 cm a los 8 años con un IMADAP de 1.3 cm/año (Angulo 1996) mientras que en otros ensayos en fajas ejecutados anteriormente en la misma zona se obtuvo un DAP de 7.2 cm a 10 años de edad (Castillo 1987). Por otra parte *C. reticulata* muestra 14.0 cm de DAP a los 20 años, resaltando un lento crecimiento. En otras plantaciones en fajas de enriquecimiento también se obtuvo un DAP de solo 2.5 cm al cabo de 7 años (Castillo 1987).

El menor resultado en DAP fue para *Amburana cearensis*, con solo 12.2 cm, debido probablemente a la alta densidad de la plantación (877 árboles por hectárea) que originó una fuerte recesión de copas, afectando el crecimiento de los árboles. Sin embargo los árboles que lograron alcanzar el dosel superior si desarrollaron adecuadamente y en tal sentido se halló varios individuos con más de 30 cm de DAP y más de 20 m de altura, evidenciando que el manejo adecuado mejoraría la calidad de la plantación.

El mejor resultado en IMADAP es para *C. catenaeformis* con 1.96 cm/año (Fig. 11). Este valor es superior al señalado por Baluarte (1999) para plantaciones puras de 15 años en Jenaro Herrera (1.5 cm/año) y similar al obtenido por Alencar y Araujo (1980) en Brasil, cuyo valor fue de 1.90 cm/año. Considerando estos resultados, esta especie está entre las más promisorias para plantaciones puras. El segundo mejor resultado es para *S. amara* con 0.87 cm/año, valor bajo para esta especie ya que por ejemplo Claussi *et al.* (1992) indican un IMADAP de 1.29 cm/año para esta especie en plantaciones puras de 18 años con un espaciamiento de 3 x 3 m, similar al de Von Humboldt, aunque no se indican datos sobre raleos.

Se obtuvieron diferencias estadísticas en DAP e IMADAP entre *C. catenaeformis* y las otras especies. Observamos que la $P > F$ es menor de 0.0001, por lo tanto rechazamos la hipótesis de que no hay diferencias en DAP e IMADAP entre las especies ensayadas.

Figura 11 – Resultados en Incremento Medio Anual en diámetro promedio (IMADAP) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.



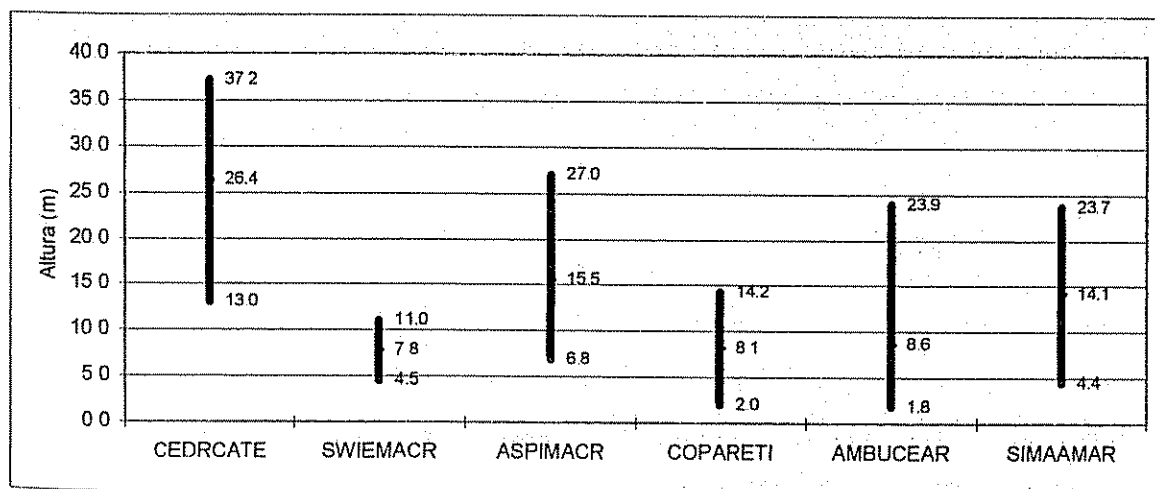
Altura total

La mayor altura promedio fue para *C. catenaeformis* que alcanzó 26.4 m a los 20 años de edad (Fig. 12) y el mayor valor individual fue de 37.2 m para un individuo de 61.8 cm de DAP. En segundo lugar está *A. macrocarpon* con 15.5 m, lo cual es incongruente con su clasificación de especie de lento crecimiento. Algunos individuos del experimento llegaron a superar los 25 m de altura y en todo caso es significativo que la altura dominante de este experimento sea de 18.5 m, lo cual indica una buena adaptación de la especie a estas condiciones de sitio.

En el caso de *S. amara* se obtuvo una altura promedio de 14.2 m, aunque a nivel individual numerosos árboles del experimento superaron los 25 m de altura. El promedio indicado es bajo para esta especie de rápido crecimiento, propia de bosques secundarios. Por ejemplo en la región del Chocó (Colombia) se obtuvo una altura de 19.0 m a los 12.5 años (CONIF 1986) en plantaciones en líneas de enriquecimiento.

En general puede señalarse que la principal causa de los bajos valores en altura promedio para *C. reticulata* y *A. cearensis* fue la no realización de raleos o aclareos, por lo cual el número de individuos por unidad de área es muy alto y la mayor parte de ellos son suprimidos y de bajo crecimiento en altura y diámetro. En el caso de *S. macrophylla* la principal causa fue el ataque del "Barrenador de las meliáceas" *Hypsipyla grandella* que interfirió el crecimiento apical de los árboles.

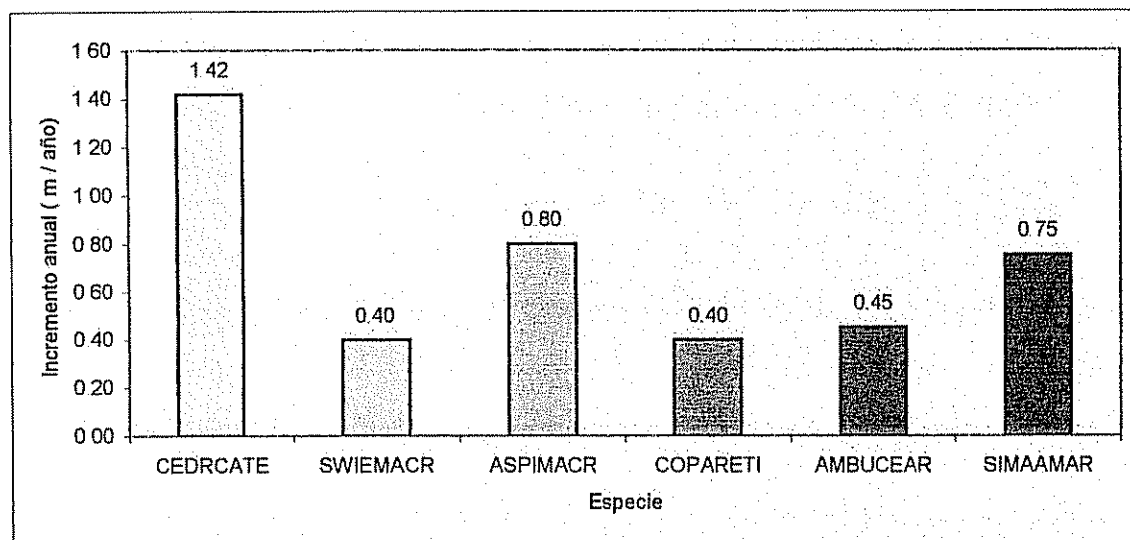
Figura 12 – Resultados en altura total promedio (m) por especie. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander Von Humboldt, Perú.



En el Cuadro 4 vemos que el valor de $P > F$ es menor de 0.0001, por lo tanto se concluye que la diferencia en crecimiento en altura total entre las especies es significativa al nivel de 0.05, es decir se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en el crecimiento en altura entre las distintas especies ensayadas.

C. catenaeformis registró en este ensayo un IMAALT de 1.42 m/año (Fig. 13) mientras que *S. amara* presentó 0.75 m/año, lo cual en realidad es bajo para esta especie, considerada de rápido crecimiento. Como comparación Baluarte (1999) determinó en Jenaro Herrera (Perú) un IMAALT mayor de 1.5 m/año en plantaciones a campo abierto. En el Perú, el mayor IMAALT de *S. amara* registrado es de 1.9 m/año en la zona de Iquitos (Revoredo 1999). Puede concluirse que en el ensayo de Von Humboldt, al no ejecutarse los raleos necesarios, la excesiva densidad de la plantación afectó el crecimiento de esta especie. Por otro lado *S. macrophylla*, *C. reticulata* y *A. cearensis* son las especies con los menores resultados, con IMAALT que no superan el medio metro por año.

Figura 13 – Resultados en Incremento Medio Anual en Altura total (IMAALT) por especie. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú

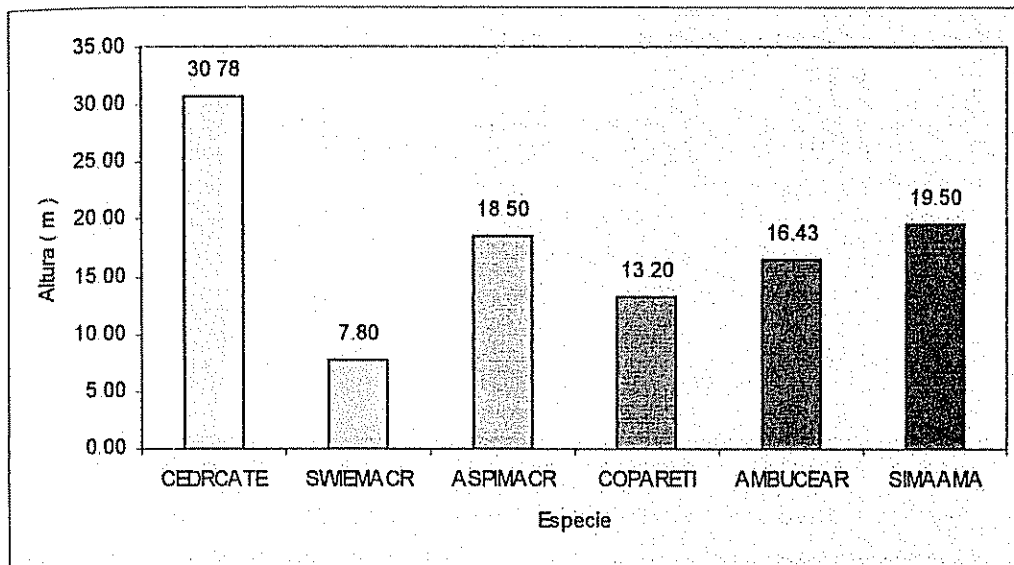


Altura dominante

La altura dominante es definida en este estudio como la altura promedio de los 100 árboles más altos por hectárea. En las plantaciones puras, la especie con mayor altura dominante fue *C. catenaeformis* con 30.78 m (Fig. 14). Una alta altura dominante es indicador de la buena adaptación de la especie a las condiciones de sitio. Por otro parte *S. amara*, *A. macrocarpon* y *A. cearensis* alcanzaron alturas

dominantes de 19.5 m, 18.5 m y 16.4 m respectivamente, mientras que *S. macrophylla* solo alcanzó 7.8 m. El valor de $P > F$ de menos de 0.0001 (Cuadro 4) indica que hay diferencias altamente significativas entre las alturas dominantes de las especies ensayadas a un nivel de 0.05, es decir rechazamos la hipótesis de que no hay diferencias en altura dominante entre las especies estudiadas

Figura 14 – Resultados en altura dominante (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de 6 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú

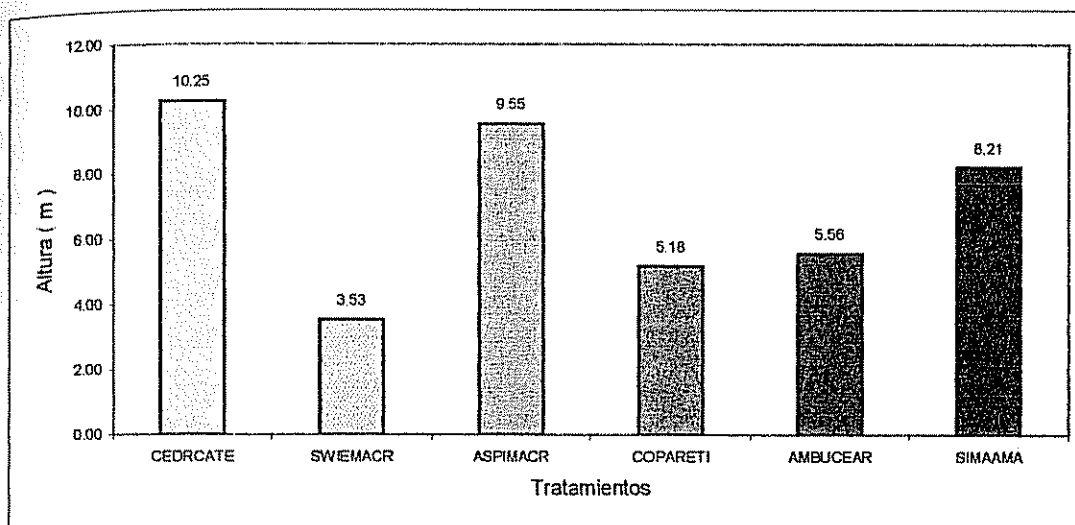


Altura comercial

Los mayores promedios en altura comercial se obtuvieron en *C. catenaeformis*, *A. macrocarpon* y *S. amara*, con 10.2 m, 9.5 m y 8.2 m respectivamente (Fig 15). Estas especies también han mostrado los mayores valores en DAP, altura promedio y altura dominante. Al ser especies que mostraron rápido crecimiento, la mayor parte de los individuos alcanzaron rápidamente el dosel superior y formaron una cubierta alta de copas. Las ramas interiores al no recibir luz murieron y por lo tanto los individuos de estas especies mostraron fustes rectos y libres de malformaciones de mayor longitud.

Para todas las otras especies la altura comercial no superó los 6 m y se ve agravado por la presencia de numerosos fustes con defectos de forma, especialmente en el caso de *Amburana cearensis*. El análisis de variancia también muestra diferencias significativas de altura comercial entre *C. catenaeformis* y las demás especies (Cuadro 4).

Figura 15 – Resultados en altura comercial (m) por especie. Plantaciones puras de 20 años de seis especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú



Número de árboles por hectárea y porcentaje de árboles actuales

De acuerdo a los resultados mostrados en el Cuadro 4, se observan marcadas diferencias en el número promedio de individuos por hectárea en las diferentes especies, variando de 309 en *C. catenaeformis* a 877 en *A. cearensis*. El número de árboles por hectárea y el momento de efectuar los raleos influyen sobre los parámetros de productividad como el área basal y el volumen (Sección 4.1.3).

Al hacer la comparación del número promedio de individuos por hectárea entre las distintas especies se detectaron diferencias estadísticas significativas entre *C. catenaeformis* y el resto de especies (Cuadro 4). La explicación principal de esta diferencia es el raleo de aproximadamente 40 % aplicado a la plantación de *C. catenaeformis* entre el sexto y octavo año debido a que el rápido crecimiento estaba incrementando la recesión de copas, ocasionando la competencia entre los árboles y por lo tanto inhibiendo su desarrollo individual (INIA, datos sin publicar)

En el Cuadro 4 se muestra que en relación al porcentaje de árboles actuales con respecto al número de árboles originales, los máximos valores se obtienen para *A. cearensis* y *C. reticulata* con 79 % y 76 % respectivamente, mientras que *C. catenaeformis* no sobrepasa del 30 % y es superado estadísticamente por las otras especies. Es necesario indicar que en las plantaciones de *A. cearensis*, *S. amara* y *C. reticulata* no se ralearon por la carencia de un mercado local para el producto de los raleos y porque los problemas sociales impidieron ingresar a la zona para manejar adecuadamente la plantación.

4.1.2 Forma y calidad

Forma de fuste

El porcentaje de fustes rectos y la presencia de malformaciones presentes en el fuste principal de los árboles se resume en el Cuadro 5. *S. amara* y *C. catenaeformis* mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo esta característica el 66 % de sus individuos vivos en ambos casos. La tendencia de *C. catenaeformis* a formar buenos fustes ya ha sido ampliamente reportada (Loureiro *et al.* 1979; Kanashiro 1991; Vidaurre 1994). El alto porcentaje de troncos rectos de *S. amara* en plantaciones también ha sido reportado por Revoredo (1999) quien halló esta característica en el 74-83 % de los árboles. Claussi *et al.* (1992) señala que *S. amara* en plantaciones bajo diferentes sistemas y densidades mostró por lo general buena forma de fuste, superior al de otras especies.

El relativamente alto porcentaje de bifurcaciones en *C. catenaeformis* (10.6 %) obedece a una tardía e inadecuada poda inicial (realizado al 8° año) que pretendía dejar uno o dos ramas vigorosas. Además es necesario tener en cuenta que este problema es más frecuente en plantaciones a campo abierto.

Cuadro 5 – Frecuencia y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas Bosque A. von Humboldt, Perú.

CODIGOS DE FORMA	ESPECIES							
	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>		<i>Copaifera reticulata</i>		<i>Amburana cearensis</i>		<i>Simarouba amara</i>	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
2 = Poco sinuoso	14	11.4	39	11.6	81	23.3	68	22.9
3 = Muy sinuoso	0	0.0	30	8.9	130	37.4	11	3.7
5 = Bifurcado	13	10.6	7	2.1	7	2.0	6	2.0
6 = Inclinado	15	12.2	240	71.4	229	65.8	17	5.7
A = Tallo quebrado con recuperación	0	0.0	0	0.0	10	2.9	2	0.7
B = Tallo quebrado sin recuperación	0	0.0	0	0.0	5	1.4	0	0.0
C = Sin copa	0	0.0	20	6.0	40	11.5	10	3.4
F = Rebrote	0	0.0	8	2.4	20	5.7	0	0.0
L = Ejes rectos y sin defectos de forma	81	65.9	91	27.1	9	2.6	196	66.0
EJES VIVOS TOTALES	123	100.1	336	129.5	348	152.6	297	104.4

El mayor porcentaje de árboles poco o muy sinuosos se presentó en *A. cearensis*, teniendo esta característica el 23.3 % y 37.4 % de los individuos respectivamente, mientras que el 65.8 % muestran inclinación del fuste. La tendencia al crecimiento inclinado y a formar fustes sinuosos son características intrínsecas de la especie, que debe necesariamente ser manejado a niveles aceptables.

mediante raleos y podas oportunas, aunque los resultados serán siempre limitados. Asimismo *C. reticulata*, que también presenta un alto porcentaje de árboles con defectos, necesita un manejo más intensivo en las fases iniciales de desarrollo de la plantación, para garantizar fustes de mejor calidad para la cosecha final.

Sanidad del árbol

Respecto al estado fitosanitario, el 100 % de los individuos de *C. catenaeformis* son clasificados como vigorosos, es decir no presentan señales de plagas ni enfermedades (Cuadro 6), a pesar de las diferencias en altura y DAP entre los individuos (Anexo 11). En el caso de las otras especies, solo *A. cearensis* presenta problemas fitosanitarios significativos, alrededor del 12 % de los individuos tienen afectados el eje principal o las ramas superiores o poseen más de 2 tercios de la copa muerta. El principal ataque observado fue el de termites. El daño producido por estos insectos puede ser significativo ya que puede originar la entrada de hongos o la caída del árbol por el viento. También se observó muchos árboles suprimidos con la copa dañada por la caída de ramas de los árboles de los estratos superiores.

En el caso de *S. amara* y *C. reticulata* también se observó algunos árboles atacados por termites. La baja resistencia de *S. amara* a los termites ya fue demostrado en un ensayo en la Amazonia brasileña (Abreu y Silva 2000).

Cuadro 6 – Estado fitosanitario de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Las clases están representadas en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

ESTADO FITOSANITARIO	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	<i>Copaifera reticulata</i>	<i>Amburana cearensis</i>	<i>Simarouba amara</i>
Vigoroso	100.0	93.1	89.1	97.2
Afectado eje principal	0.0	0.9	0.0	0.0
Afectado ramas superiores	0.0	0.0	0.3	0.0
Más de 2 tercios de copa muerta	0.0	5.9	10.6	2.8
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0

4.1.3 Productividad

En el Cuadro 7 se resume los resultados obtenidos de las variables de productividad para cada una de las especies bajo estudio. También se muestra los resultados de pruebas de comparación de medias utilizando la prueba de Duncan. Posteriormente se analizará cada variable por separado.

Cuadro 7 – Resumen de productividad para plantaciones puras de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

ESPECIE	Area basal (m ² /ha)		Volumen (m ³ /ha)		IMA Volumen (m ³ /ha/año)
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	30.35	A	380.20	a	21.43 a
<i>Simarouba amara</i>	16.17	B	120.83	b	6.80 b
<i>Copaifera reticulata</i>	12.87	B	58.30	b	3.30 b
<i>Amburana cearensis</i>	10.42	B	57.95	b	3.27 b
CV%	34.23		37.05		37.03
R ²	0.68		0.87		0.88
P > F	0.002	*	<.0001	*	<.0001 *

Area basal

De todas las especies, el mayor área basal se presentó en *C. catenaeformis* con 30.4 m²/ha, este valor es significativo por cuanto corresponde a 309 árboles/ha (Cuadro 4) y un porcentaje de árboles remanentes de 28 %. Al respecto Claussi *et al.* (1992) estimó un área basal de 39.88 m²/ha a los 18.5 años de edad en un ensayo a campo abierto con 3 x 3 de espaciamiento, sin embargo debe indicarse que este ensayo fue de reducidas dimensiones (630 m²) y los árboles recibieron el manejo adecuado.

La especie con menor área basal fue *A. cearensis* que alcanzó 10.4 m²/ha con 877 árboles/ha.

Volumen

El cálculo de volumen con corteza fue realizado a través del programa MIRASILV, utilizando la altura total, el DAP y un factor de forma de 0.45, por la inexistencia en la literatura de factores de forma o ecuaciones de volumen desarrollados para estas especies en las condiciones del Bosque Alexander von Humboldt.

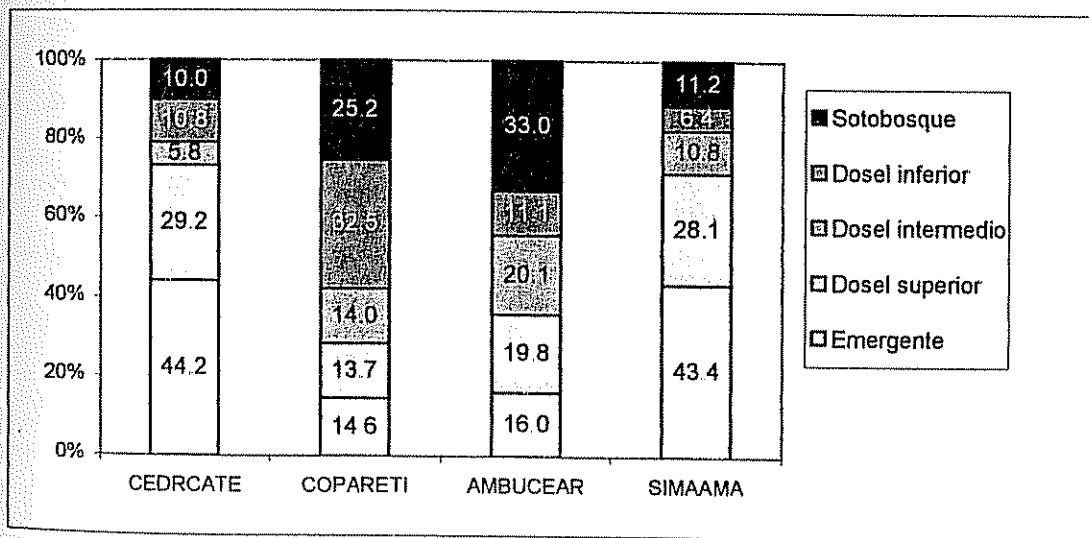
En el ensayo de plantaciones puras en Von Humboldt el mayor resultado en volumen fue de *C. catenaeformis* que alcanzó un valor de 380.2 m³/ha (Cuadros 7 y 8). Sin embargo, a nivel de cada una de las 4 repeticiones de esta especie hubo una variabilidad en el rendimiento, la cual puede ser

Posición y forma de copa

En relación a la posición de la copa (Fig 16), el 44.2 5% de individuos de *C. catenaeformis* y el 43.4 % de *S. amara* muestran una copa completamente libre, mientras que en el caso de *C. reticulata*, la mayor parte de los individuos no reciben luz directamente, aunque se encontraron individuos en cada una de las diferentes categorías de posición de copa

A. cearensis posee solo el 16 % de sus individuos con copa emergente y de amplias dimensiones de tal forma que el 65.2 % restante queda bajo las categorías de dosel intermedio, dosel inferior o sotobosque. Estos árboles, mayormente pequeños (Ver Anexo 11), al no recibir suficiente luz solar, no pueden alcanzar el dosel superior y están condenados a quedarse dominados en la plantación. Es recomendable que estos individuos sean eliminados como una forma de redistribuir el potencial del sitio en árboles con mayor capacidad competitiva.

Figura 16 – Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú. Las clases están representadas en porcentajes con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento

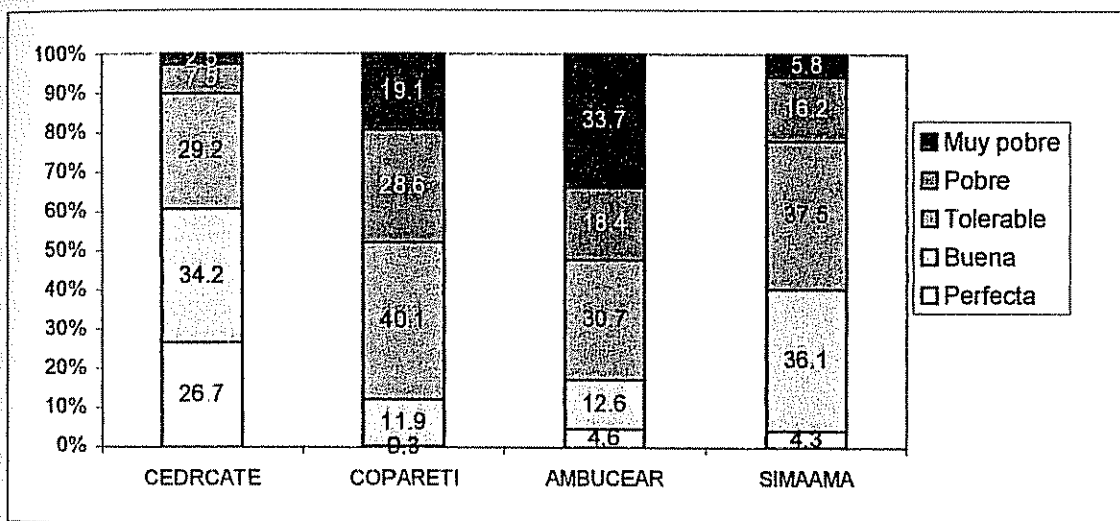


Se aplicó una prueba de Ji-cuadrada (Steel y Torrie 1980), para someter a prueba la hipótesis de independencia de las frecuencias de las categorías de posición de copa con respecto a las especies ensayadas (Anexo 14). El valor de Ji-cuadrada fue de 89.00 y su probabilidad fue de <0.0001 , con estos resultados se rechaza la hipótesis y se acepta que la frecuencia de ocurrencia de las categorías de posición de copa está en función de la especie utilizada. En el mismo cuadro del Anexo 14 se aprecian los valores obtenidos y esperados de Ji-cuadrada para cada una de las celdas. Estos valores indican que

C. catenaeformis y *S. amara* muestran más relación con la posición de copa de tipo “emergente”. En tanto *A. cearensis* está más relacionada con la categoría de posición de copa “sotobosque”.

En relación a la forma de la copa (Fig 17), *C. catenaeformis* posee la mejor arquitectura con el 26.7 % de sus árboles con copa perfecta y 34.2 % con copa buena. Los individuos con estas copas de buena forma se hallan en los estratos superiores de la plantación, lo que favorece su desarrollo en altura y diámetro. Las demás especies no tienen en general, buena arquitectura de copa, cuyo caso más extremo es *C. reticulata* con solo 0.3% de sus individuos con copa perfecta y un 19.1 % con copa muy pobre, es decir con solo una o pocas ramas y tienen pocas probabilidades de crecer o sobrevivir.

Figura 17 – Forma de la copa de los árboles en plantaciones puras de 20 años de edad de 4 especies forestales nativas en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú. Las clases están representadas en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada especie.



También se realizó una prueba de independencia para esta variable (Anexo 14). El valor de Ji-cuadrada fue de 125.04 y su probabilidad fue < 0.0001 , es decir se rechaza la hipótesis y se acepta que la frecuencia de formas de copa dependen de la especie empleada. Asimismo se determinó que *C. catenaeformis* está más relacionada con las copas de tipo “perfecta”, mientras que *A. cearensis* está más relacionada con las copas de tipo “muy pobre”.

atribuida a la densidad de individuos existentes pero también a la capacidad productiva del sitio puesto que se observó en el campo variaciones relativas en el suelo y la fisiografía. Así en la parcela más productiva se obtuvo un volumen de 502.7 m³/ha, mientras que en la menos productiva se obtuvo 301.3 m³/ha.

A pesar de variaciones atribuidas al microsítio, *C. catenaeformis* muestra una productividad muy superior a la de las otras especies en este experimento, ya que solo *S. amara* con 120.8 m³/ha muestra volúmenes maderables significativos. Ninguna de las otras especies sobrepasa en promedio los 60 m³/ha.

Cuadro 8 - Volumen (m³/ha) obtenido en plantaciones puras de 6 especies forestales nativas. Los volúmenes obtenidos en cada parcela (de aprox. 1000 m²) fueron extrapolados a 1 ha. Bosque A. von Humboldt, Perú.

Repetición	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	<i>Copaifera reticulata</i>	<i>Amburana cearensis</i>	<i>Simarouba amara</i>
Parcela 1	301.3	6.9	34.8	52.4	94.0	102.9
Parcela 2	502.7	-	-	81.5	35.1	153.5
Parcela 3	330.7	-	-	54.5	51.0	38.1
Parcela 4	386.1	-	-	44.8	51.7	188.8
Promedio	380.2	6.9	34.8	58.3	58.0	120.8

Con respecto al volumen de *C. catenaeformis* en plantaciones puras es necesario mencionar que en Jenaro Herrera, Perú (Claussi *et al.* 1992) se determinó un volumen de 409.5 m³/ha a los 18.5 años en plantaciones con 3 x 3 m de espaciamiento inicial y con 622 árboles por ha. Por otro lado Vidaurre (1994) menciona que en base antecedentes de crecimiento en Tingo María e Iquitos (Perú) se ha hecho una estimación teórica de un volumen aprovechable de 870 m³/ha para 400 árboles a los 30 años, sin embargo es necesario más investigación al respecto, principalmente en parcelas permanentes de evaluación en estudios a largo plazo. El volumen de 913 m³/ha mencionado por Baluarte (1999) para plantaciones de 15 años de edad debe ser interpretado con cuidado por la omisión en el reporte de algunos detalles relevantes como espaciamiento e historial de manejo.

El mejor IMAVOL fue para *C. catenaeformis* con 21.4 m³/ha/año (no se incluye datos de raleos) lo cual es similar a otras especies forestales con productividades medias entre 20-30 m³/ha/año como *Eucalyptus robusta* o *Eucalyptus urophylla*. Sin embargo bajo condiciones de sitio más adecuada y un manejo más intensivo esta especie puede ser más productiva como lo indican Claussi *et al.* (1992) quien señala un IMAVOL de 24.26 m³/ha/año para plantaciones a campo abierto en la zona de Jenaro Herrera, Perú.

Considerando todas las parcelas de evaluación para cada especie (Cuadro 8) se observa variaciones en el desarrollo volumétrico registrado. Sin embargo, en todas las plantaciones se hallaron individuos cuyo desarrollo fue muy superior a los demás, los cuales lograron alcanzar primero el dosel y por lo tanto aprovecharon mejor el potencial del sitio para su crecimiento individual. Con el objeto de acercarnos a lo que en realidad ocurriría si el manejo se hubiera realizado adecuadamente, se muestra en el Cuadro 9 un ejercicio de simulación. En este caso, para cada especie se seleccionó a los 10 individuos con mayor DAP y se calculó el volumen promedio (m^3) de estos árboles y el IMAVOL a 20 años. El valor resultante se utilizó para estimar el volumen individual resultante a los 30 años y luego multiplicarlo por un número de individuos a la edad de corta, estimado en base a referencias bibliográficas y experiencias anteriores.

Cuadro 9 – Simulación de probable volumen (m^3/ha) a obtener a los 30 años de edad en las condiciones del sitio experimental. Se usó el volumen promedio de los 10 árboles con mayor DAP de cada especie, multiplicándolo por 150.

	<i>C. catenaeformis</i>			<i>A. cearensis</i>			<i>A. macrocarpon</i>			<i>S. macrophylla</i>			<i>C. reticulata</i>			<i>S. amara</i>		
	DAP	H	Vol.	DAP	H	Vol.	DAP	H	Vol.	DAP	H	Vol.	DAP	H	Vol.	DAP	H	Vol.
Máximo	61.8	37.2	5.0	35.5	20.9	0.9	27.1	27.0	0.7	21.5	9.5	0.2	33.0	14.2	0.5	35.2	23.1	1.0
Mínimo	49.8	29.7	2.6	25.6	13.1	0.3	23.5	24.0	0.5	15.4	8.5	0.1	22.6	11.2	0.2	26.7	21.1	0.5
Promedio Individual Actual	54.3	30.8	3.3	28.8	17.7	0.5	25.0	22.1	0.5	17.2	8.6	0.1	25.7	12.7	0.3	29.4	20.2	0.6
IMAVOL Promedio			0.165			0.025			0.025			0.005			0.015			0.03
Edad de corta			30			30			30			30			30			30
Vol. Prom Individual a la edad de corta			4.95			0.75			0.75			0.15			0.45			0.9
N° árboles al turno de corta			150			200			200			200			200			250
Volumen Final			742.5			150.0			150.0			30.0			90.0			225.0

Los resultados muestran que en todos los casos se obtendría un volumen muy aceptable teniendo en cuenta los promedios generales para plantaciones forestales. Además los fustes a obtener serían de mayor calidad, es decir de mayor grosor y longitud comercial. Se evitaría lo ocurrido en plantaciones como *A. cearensis* o *C. reticulata* con una gran cantidad de individuos, pero la mayor parte de ellos con fustes inservibles para la industria maderera.

* El volumen calculado se obtuvo empleando el DAP con corteza, la altura total y un factor de forma de 0.45.

4.2 Plantación de *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) en fajas de enriquecimiento

4.2.1 Crecimiento

En el Cuadro 8 y el Anexo 9 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para los 9 tratamientos, así como los resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos. En el Cuadro 9 y el Anexo 9 se muestran los resultados de la comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales. En el Anexo 12 se muestra la distribución diamétrica para cada tratamiento de este experimento. En el Anexo 15 se indican los resultados de las pruebas de independencia para posición y forma de copa de los árboles.

Cuadro 10 - Promedio de las variables de crecimiento de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento de 20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$), prueba de Duncan.

Código de tratamientos	Número de árboles por ha	Porcentaje de árboles actuales en relación al número original(%)	DAP (cm)	IMA DAP (cm/año)	Altura total (m)	IMA Altura total (m/año)	Altura dominante (m)	Altura comercial (m)	
GLEPLA05	001	87 bc	65.0 ab	21.20 bc	1.04 bc	17.06 b	0.84 c	17.22 d	9.24 d
GLEPLA10	002	71 c	70.0 ab	23.17 bc	1.22 abc	18.60 b	1.00 abc	18.60 cd	11.00 bc
GLEPLA30	003	52 c	62.0 ab	26.43 ab	1.40 ab	23.20 a	1.23 a	23.20 ab	11.68 ab
ACRPLA05	004	72 c	54.0 ab	30.68 a	1.58 a	23.24 a	1.14 ab	23.24 ab	12.74 a
ACRPLA10	005	73 c	73.0 a	23.96 bc	1.34 abc	20.90 ab	1.18 ab	20.90 bcd	11.22 abc
ACRPLA30	006	560 a	56.0 ab	23.40 bc	1.32 abc	17.42 b	1.00 abc	26.48 a	10.03 dc
ACROND05	007	81 c	61.0 ab	25.68 ab	1.38 ab	20.42 ab	1.08 ab	20.42 bcd	12.06 ab
CAMCOL05	008	71 c	53.0 ab	17.56 c	0.98 c	17.04 b	0.96 bc	17.14 d	11.10 bc
CAMCOL10	009	153 b	46.0 b	21.08 bc	1.20 abc	19.14 b	1.06 abc	22.22 bc	11.12 bc
CV%	35.24	26.6	18.52	19.51	13.67	14.58	13.65	9.66	
R ²	0.93	0.25	0.46	0.39	0.47	0.40	0.57	0.52	
P > F	<.0001 *	0.2243 *	0.0046 *	0.019 *	0.004 *	0.0191 *	0.0002 *	0.0008 *	

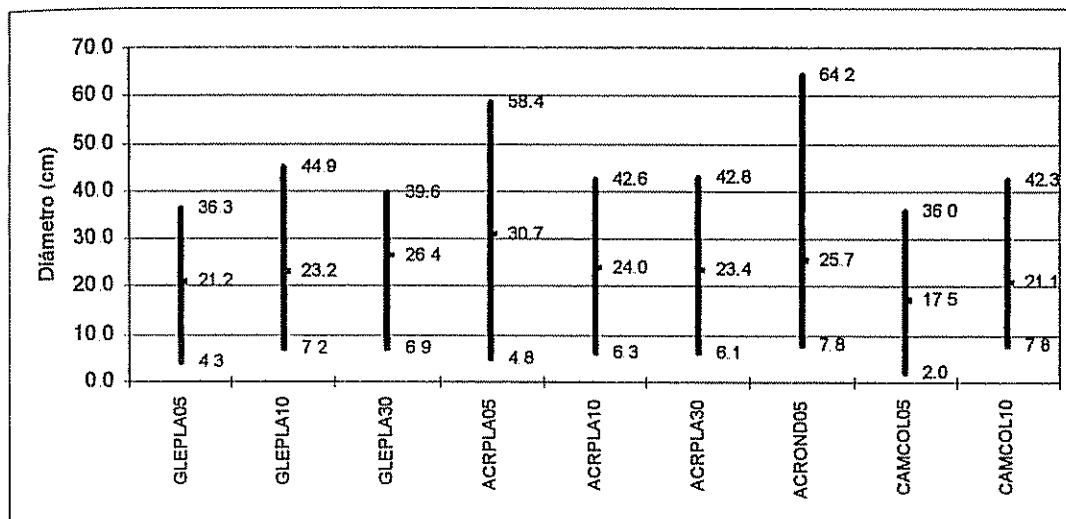
Cuadro 11 - Comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales. Los valores numéricos corresponden a las $P > F$. *Cedrelinga catenaeformis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú. CODIGOS: GLE: Gleysol; ACR: Acrisol; CAM: Cambisol; PLA: Plano; OND: Ondulado; COL: Colinoso.

COMPARACION	Número de árboles por ha	Supervivencia	DAP	IMA DAP	Altura total	IMA Altura	Altura dominante	Altura comercial
GLE vs ACR	<.0001 *	0.4435 *	0.1594 NS	0.0538 NS	0.3823 NS	0.1908 NS	0.0065 *	0.0358 *
ACR vs CAM	0.0001 *	0.0702 *	0.0004 *	0.0024 *	0.2663 NS	0.1379 NS	0.0091 *	0.3383 NS
OND vs COL	0.2676 NS	0.1948 *	0.0120 *	0.0400 *	0.1206 NS	0.4090 NS	0.6407 NS	0.1135 NS
GLEPLA vs ACRPLA	<.0001 *	0.4691 *	0.1685 NS	0.0568 NS	0.3960 NS	0.1792 NS	0.0016 *	0.1126 NS
5 m vs 10 m	0.2237 NS	0.3980 NS	0.4998 NS	0.9087 NS	0.9097 NS	0.1697 NS	0.2945 NS	0.6463 NS
CV%	35.24	26.6	18.52	19.51	13.67	14.58	13.65	9.66
R ²	0.93	0.25	0.46	0.39	0.47	0.40	0.57	0.52
P > F	<.0001 *	0.2243 *	0.0046 *	0.0194 *	0.0035 *	0.0191 *	0.0002 *	0.0008 *

Diámetro a la altura del pecho (DAP)

A los 20 años de edad, la mayor parte de los tratamientos muestran un DAP promedio superior a 20 cm. En la Fig. 18 se muestran los resultados para los 9 tratamientos. Es notorio observar que en general los mayores resultados en DAP y en incremento medio anual en DAP han sido obtenidos en suelo acrisol. Los resultados menores se hallan en suelos de tipo cambisol.

Figura 18 – Resultados en diámetro promedio (DAP en cm) en 9 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.



El mayor DAP promedio se presentó en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol–fisiografía plana–fajas de 5 m de ancho), con 30.7 cm de diámetro y un IMADAP de 1.6 cm/ año (Cuadro 10). Aplicando la prueba de Duncan se obtiene que estos resultados son significativamente diferentes al resto de tratamientos. Estos resultados son similares a los reportados por Hostettler (1990) en el Bosque Nacional de Iparía (Perú), pero bastante menores a los mencionados por Lamprecht (1990) en Jenaro Herrera y Revoredo (1999) en Iquitos, ambos lugares también en la Amazonia peruana. Las diferencias podrían deberse a factores del micrositio, ya que la región amazónica es ecológicamente muy compleja. Cabe señalar que en el tratamiento ACRPLA05 también se presentó el mayor DAP individual registrado en todo el experimento: 64.2 cm, lo cual es inusualmente alto. Asimismo es necesario enfatizar que el IMADAP es mayor durante los primeros años de crecimiento del árbol, tal como lo determinó Burgos (1954), quien halló para *C. catenaeformis* un IMADAP de 4.6 cm/ año en los cinco primeros años. Por otra parte, Gutiérrez (1999) obtuvo un IMADAP de 3.1 cm/ año para plantaciones de 3 años en la zona de Tambopata (Perú).

El menor DAP se obtuvo en el tratamiento CAMCOL05 (suelo cambisol-fisiografía colinosa-faja de 5 m de ancho) con solo 17.6 cm. Con respecto al IMADAP, los menores valores (1 cm/ año) se obtuvieron en el tratamiento CAMCOL05 y en el tratamiento GLEPLA05 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho) El bajo crecimiento diamétrico se algunos tratamientos está relacionado a la baja intensidad de manejo aplicado entre 1992-2000, ya que en general el crecimiento en diámetro disminuye al incrementarse los niveles de competencia entre los árboles (Galloway *et al* 2001)

En el Anexo 12 se muestra que en general las distribuciones diamétricas son de tipo normal, con clases centrales representativas especialmente en los tratamientos ubicados en suelo gleysol y acrisol, a excepción del tratamiento GLEPLA05 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho), donde se observa un sesgo hacia la derecha, es decir la mayor parte de individuos son de gran diámetro y muy pocos de bajo diámetro. La causa de esta tendencia fueron los raleos aplicados entre el sexto y octavo año a esta plantación, con los cuales se buscó redistribuir el potencial de desarrollo del sitio hacia los individuos con mayor capacidad competitiva. Por otro lado en suelos cambisol se observa una distribución sesgada a la izquierda, es decir la mayor parte de los individuos son de bajo diámetro con unos pocos individuos de diámetros mayores.

En el Cuadro 8 se ve que el valor de $P > F$ es igual a 0.0046, por lo tanto se concluye que la diferencia en crecimiento en DAP entre los tratamientos es significativa al nivel de 0.05, es decir se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en el crecimiento en DAP entre los tratamientos. La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (Cuadro 11) muestra que el DAP promedio de los tratamientos en suelo acrisol no difieren significativamente de los tratamientos en suelo gleysol, pero si de los establecidos en suelo cambisol. El IMADAP tampoco muestra diferencias significativas en este sentido.

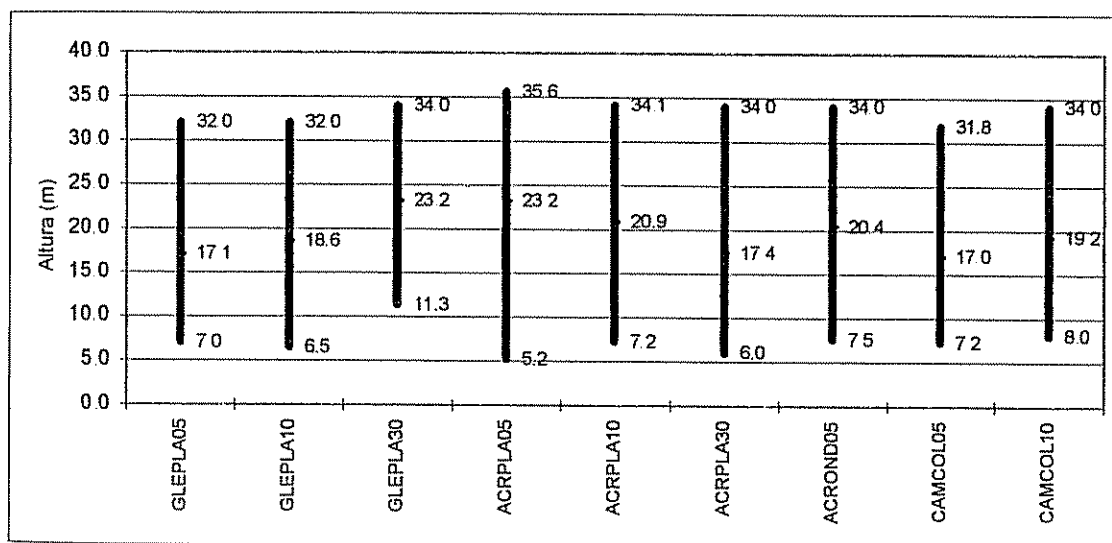
Con respecto a la fisiografía del terreno, existen diferencias significativas entre zonas colinosas y las zonas onduladas. En otras palabras, existe evidencia estadística ($P < 0.05$) de que la fisiografía del terreno influye sobre el DAP de *C. catenaeformis* establecidos en fajas de enriquecimiento. La influencia de la fisiografía sobre el IMADAP es menor tal como puede observarse en el Cuadro 11. También se observa que no existe evidencia estadística de que el sistema de plantación (tipo de faja) influya sobre el DAP o el IMADAP.

En conclusión, de acuerdo al DAP, las mejores condiciones para *C. catenaeformis* son los suelos acrisoles, con topografía de preferencia ondulada o colinosa. El efecto del sistema de plantación parece ser evidente solo en los primeros años de la plantación, a la edad actual (19-20 años) no hay diferencias.

Altura total

C. catenaeformis es una especie de mediano a rápido crecimiento y alcanzó a los 20 años de edad un promedio de 23.2 m de altura en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 5 m de ancho) con un IMAALT de 1.14 m/año (Cuadro 10) lo cual está dentro del rango (1-1.5 m/año) recomendado por Dawkins (1958) como condición necesaria para el éxito de una plantación en fajas de enriquecimiento en el trópico. La plantación en GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) también alcanzó una altura promedio alta (23.2 m) e incluso un IMAALT de 1.23 m/año. Como comparación podemos mencionar el IMAALT de 1.38 m/año hallado por Hostettler (1990) para plantaciones de 18 años de edad en el Bosque de Iparía (Perú), muy similar al Bosque Alexander von Humboldt o 1.39 m/año en plantaciones en fajas de enriquecimiento en Jenaro Herrera, Perú (Claussi *et al.* 1992). A menores edades el IMAALT es mayor, por ejemplo 3.12 m/año hallados en plantaciones de 3.5 años en la zona de Tambopata, Perú (Gutiérrez 1999).

Figura 19 – Resultados en altura total promedio (m) en 9 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú



El menor resultado en altura total se obtuvo en el tratamiento CAMCOL05 (suelo cambisol-fisiografía colinosa-faja de 5 m de ancho) con 17.0 m de altura. Con respecto al incremento anual medio en altura (IMAALT) el menor valor (0.8 m/año) se obtuvo en el tratamiento GLEPLA05 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho).

En el Cuadro 10 vemos que el valor de $P > F$ es igual a 0.0035, por lo tanto concluimos que la diferencia en crecimiento en altura total entre los tratamientos es significativa al nivel de 0.05.

La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales muestra sin embargo que con respecto al tipo de suelo, no hay evidencia estadística de que existan diferencias significativas entre la altura promedio de los diferentes tipos de suelo (Cuadro 11). En otras palabras, el tipo de suelo por si solo no afectó significativamente a la altura de los árboles de *C. catenaeformis*. Con respecto a la fisiografía del terreno, no existen diferencias significativas entre zonas colinosas y las zonas onduladas. En otras palabras, no existe evidencia estadística ($P > 0.05$) de que la fisiografía del terreno influye sobre la altura total de *C. catenaeformis* establecidos en fajas de enriquecimiento. Tampoco hay evidencia de la influencia de la fisiografía sobre el IMADAP (Cuadro 11).

Al no haber evidencia estadística de que el suelo y la fisiografía hayan influido sobre las diferencias existentes entre tratamientos a nivel de altura promedio, es necesario determinar que otras causas pudieran haber causado esta variación sobre la altura promedio:

La densidad de la plantación. El espaciamiento entre los árboles va a determinar los niveles de competencia intraespecífica y por lo tanto la disponibilidad de recursos para el desarrollo. Al respecto mediante ensayos de Tipo Nelder se determinó que la densidad óptima para *C. catenaeformis* en plantaciones a campo abierto fue de 1.8 x 1.8 a 2.5 x 2.5 (Claussi *et al.* 1992), aunque los autores reconocen que aun falta estudiar mas al respecto.

Las intervenciones aplicadas. En los tratamientos GLEPLA05 y ACRPLA05 se aplicaron raleos entre el sexto y octavo año.

La altura de la entrefajas. Según información de campo, la altura de la vegetación en las entrefajas osciló entre 15-25 m. La altura del dosel adyacente va a influir fuertemente sobre calidad y cantidad de que reciben los árboles ubicados dentro de las fajas.

El material genético empleado. Las semillas procedieron de distintos árboles semilleros de la zona, seleccionados por sus características plus.

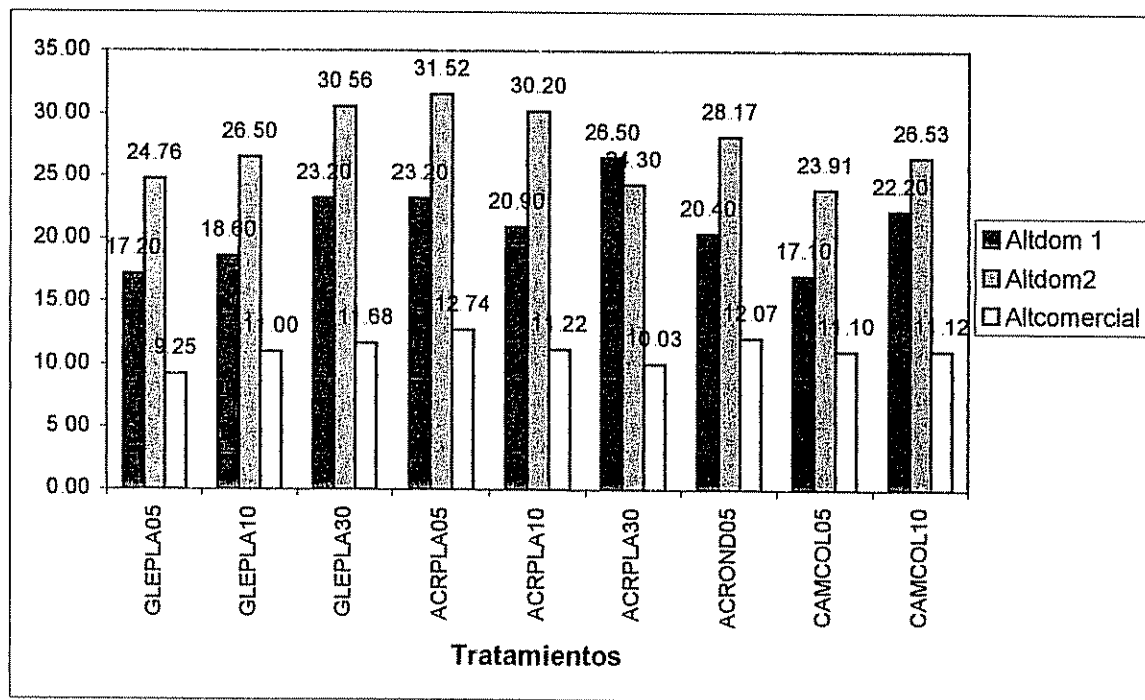
El método de plantación. En algunos casos se empleo plantones en bolsas y en otros casos siembra directa, lo cual afecta la arquitectura de la raíz y por lo tanto el crecimiento.

Podemos concluir que la altura promedio no es un buen indicador del potencial de un sitio forestal en el caso de *C. cateniformis* plantado en fajas de enriquecimiento debido a su alta susceptibilidad a factores ambientales y de manejo silvicultural

Altura dominante y altura comercial

La altura dominante (Altdom1) es definida en este estudio como la altura promedio de los 100 árboles más altos por hectárea (Alder 1980). Sin embargo, en muchas parcelas experimentales el número de árboles existentes fue inferior a 100, por lo que para el cálculo de la altura dominante se consideró a todos los árboles existentes, incluyendo a árboles con bajas dimensiones. En tal sentido, se planteó una nueva variable adicional que se denominó Altdom2, la cual fue definida como la altura promedio del 30 % superior de todos los árboles vivos colocándolos en orden descendente con respecto a su altura total. Es decir, por ejemplo, si en la parcela solo habían 10 árboles, se consideró a los 3 árboles más altos para el cálculo de Altdom2. Este valor de 30 % se eligió considerando que los árboles pueden clasificarse según su DAP en 3 clases: gruesos, medios y delgados (Anexo 12), cada uno abarcando un tercio de los árboles existentes. Los resultados de Altdom1 y Altdom2 se presentan en la Fig. 20.

Figura 20 - Resultados de altura dominante (m) y altura comercial (m) Plantaciones de *C. cateniformis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú



Altdom1: Considerando los 100 árboles más altos por ha

Altdom2: Considerando el 30% superior de los árboles con respecto a la altura total.

A través de la altura de los árboles dominantes se puede determinar la calidad del sitio forestal, siendo éste la combinación de factores de suelo, pendiente, exposición, microclima, etc. La calidad de sitio es un indicador del potencial productivo de una zona. Cuando mayor es la calidad de sitio de un lugar para una especie, más valioso desde el punto de vista económico es para el hombre ese terreno. Si se observan árboles de 26.4 m de altura (tratamiento ACRPLA30), este corresponde a un buen sitio forestal, es decir; suelos profundos con acumulación de materia orgánica y bien drenados. En una zona colinosa, expuesta a los vientos, con suelos poco desarrollados, la altura de los árboles dominantes, sólo alcanza 17.4 m de altura (tratamiento CAMCOL05) esto nos indica un sitio muy poco productivo.

La variable Altdom2 nos muestra que los mejores sitios para *C. catenaeformis* corresponden a suelos acrisoles. El tratamiento GLEPLA30 también muestra un alto valor de Altdom2, pero en los trabajos de campo se observó que a pesar de que en la parcela experimental predominaban los suelos gleysoles, existían pequeñas zonas con suelos de tipo acrisol en forma de manchas. Esta característica pudo haber influido para que algunos individuos desarrollaran tan altos como los existentes en los tratamientos ubicados totalmente en suelos acrisol y por lo tanto elevaran los valores de variables como DAP, altura promedio y altura dominante (Cuadro 10).

En el Cuadro 10 vemos que el valor de $P > F$ es igual a 0.0002, por lo tanto concluimos que la diferencia en altura dominante entre los tratamientos es significativa al nivel de 0.05 o más precisamente rechazamos la hipótesis de que no hay diferencias en altura dominante entre los tratamientos.

Con respecto a la altura comercial, el mayor valor promedio se obtuvo en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 5 m de ancho) con un valor de 12.7 m, el cual es significativamente superior a todos los demás tal como se muestra en el Cuadro 8. Este valor es superior al reportado por Revoredo (1999) en Iquitos (Perú), donde se obtuvo una altura comercial promedio de 11.7 m en plantaciones de 23 años.

En árboles maduros del bosque natural, las alturas comerciales han sido estimadas entre 15-25 m (López 1981). Por lo tanto es posible que al avanzar la edad de los árboles y las ramas inferiores se desprendan, la altura comercial de los árboles de las plantaciones aumente en promedio.

Número de árboles por hectárea y porcentaje de árboles actuales

En el Cuadro 10 se muestra el número de árboles por hectárea y el porcentaje de árboles actuales en relación al número de árboles originales para cada uno de los tratamientos ensayados. Para el cálculo de este valor se ha considerado el tamaño de parcela Opción 2 (Sección 3.4.2). Ambas variables son

fuertemente influenciadas por la densidad inicial de la plantación y por lo tanto se observa amplias diferencias en el número de individuos remanentes. El tratamiento ACRPLA30 muestra el mayor número de individuos por ha (560 árboles/ ha), lo cual se debe al diseño y espaciamiento de la plantación cuyo diagrama se muestra en la Sección 2.3.1 (fajas de 30 m de ancho).

El número de árboles/ ha también está fuertemente influenciado por las actividades de manejo de la plantación (resiembras, raleos).

En tal sentido es necesario anotar el caso del tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho), que muestra las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo y posee solo el 54 % de árboles actuales con respecto al número original. Esta plantación fue sometida a un raleo de aproximadamente 45 % entre el sexto y octavo año, para eliminar los individuos con defectos. La diferencia entre los valores indicados (9 %) se considera mortalidad natural, cuyas causas principales son la competencia con la vegetación adyacente (entrefaja) y en algunos pocos casos a plagas y enfermedades (Ver Sección 4.2.2 Capítulo de Sanidad).

Exceptuado el tratamiento ACRPLA05, el mayor porcentaje de árboles existentes corresponde al tratamiento ACRPLA10 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 10 m de ancho) con 73 %. Los menores porcentajes de supervivencia se hallan en los tratamientos en suelo cambisol.

4.2.2 Forma y calidad

Forma del fuste

En relación a la forma del fuste (Cuadro 12), los tratamientos GLEPLA30 y CAMCOL10 mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo estas características el 100 % de sus individuos vivos. Los tratamientos ACRPLA30 (96.4 %) y CAMCOL05 (96.2 %) también muestran relativamente buenos fustes, mientras que en ACROND05 existe una ligera tendencia hacia fustes más irregulares y menos rectos, ya que solo posee el 62.3 % de sus individuos con fustes rectos y sin defecto de forma. Este tratamiento también posee un 24.6 % de los individuos con fuste inclinado, sin que pueda concluirse que esto se deba a la fisiografía del terreno, ya que tratamientos en zonas más colinosas, muestran principalmente fustes no inclinados como en el caso de CAMCOL05 y CAMCOL10.

Cuadro 12 - Frecuencia (F) y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento Bosque Alexander von Humboldt.

CODIGOS DE FORMA	TRATAMIENTOS																	
	GLEPLA 05		GLEPLA 10		GLEPLA 30		ACRPLA 05		ACRPLA 10		ACRPLA 30		ACROND 05		CAMCOL 05		CAMCOL 10	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
2 = Poco sinuoso	4	6.2	5	8.8			6	11.1	2	2.7			10	16.4				
3 = Muy sinuoso							1	1.9										
5 = Bifurcado	3	4.6	5	8.8			1	1.9	3	4.1	5	8.9					2	4.3
6 = Inclinado	4	6.2	10	17.5			12	22.2	2	2.7	2	3.6	15	24.6	3	5.7	4	8.7
A = Tallo quebrado con recuperación	3	4.6	2	3.5			2	3.7	3	4.1								
C = Sin copa									1	1.4			2	3.3				
F = Rebrote							1	1.9	3	4.1			2	3.3	2	3.8		
L = Ejes rectos y sin defectos de forma	56	86.2	42	73.7	37	100	44	81.5	64	87.7	54	96.4	38	62.3	51	96.2	46	100
EJES VIVOS TOTALES	65		57		37		54		73		56		61		53		46	

En general, la tendencia de *C. catenaeformis* a formar buenos fustes en plantaciones ya ha sido reportada por varios autores (Loureiro et al 1979; Kanashiro 1991; Claussi *et al.* 1992, Vidaurre 1994). Esta característica, muy deseable desde el punto de vista comercial, es atribuible a predisposiciones genéticas de la especie, a la rapidez del crecimiento y a la buena poda natural. En estado natural también es notorio esta característica. Por ejemplo Aróstegui (1992) reporta que los árboles semilleros de *C. catenaeformis* tenían fuste de calidad muy buena o buena en el 97% de los casos, en la zona de Jenaro Herrera, Perú.

En general, puede concluirse que esta especie presenta pocos problemas de forma, al ser establecida en plantaciones en fajas de enriquecimiento.

Sanidad del árbol

Con respecto a la sanidad de los árboles, es bastante predominante, la presencia de árboles vigorosos en todos los tratamientos, mientras que los individuos con algún tipo de daño en las ramas superiores no pasa en ningún caso del 10 % (Cuadro 13). Este detalle es consistente con López (1981) cuando afirma que aún no se han reportado enfermedades ni plagas de consideración en *C. catenaeformis* a excepción de algunos hongos en la etapa de vivero. Sin embargo, hay que tenerse en cuenta la presencia de algunos árboles muertos en pie, que en algunos tratamientos fue de casi 2 %, sin que haya podido determinarse la causa de este fenómeno. Otro detalle a tenerse en cuenta fue la no utilización de

pesticidas de ningún tipo para el manejo de estas plantaciones. Además debe señalarse que en plantaciones puras tampoco se halló problemas fitosanitarios significativos (Ver Sección 4.1 2).

Cuadro 13 - Estado sanitario de los árboles en plantaciones de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento. Las clases están representadas en porcentajes con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento Bosque Alexander von Humboldt, Perú

ESTADO SANITARIO	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	ACRPLA05	ACRPLA10	ACRPLA30	ACROND05	CAMCOL05	CAMCOL10
Vigoroso	91.9	98.2	100.0	98.1	97.1	98.2	98.3	94.2	97.8
Afectado ramas superiores	8.1	0.0	0.0	1.9	2.9	1.8	1.7	5.8	2.2
Mas de 2 tercios de copa muerta	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Posición y forma de copa

En relación con la posición de la copa, existe mucha variabilidad entre los tratamientos. El 42.1% de los individuos en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-fajas de 30 m de ancho) muestran una copa completamente libre, mientras que en el caso de ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) la mayor parte de individuos (83.9 %) recibe la luz verticalmente, aunque se encontraron individuos con cada una de las diferentes categorías de posición de copa (Cuadro 14)

Se observa para ACRPLA10 y ACROND05 que la cuarta parte de los árboles (24.7% y 25.0% respectivamente) muestran su copa dentro del sotobosque, es decir están completamente suprimidos, y es probable que no desarrollen más, ya que no reciben luz solar directa, sino que solo algo de luz difusa y por esta razón son débiles, de bajo crecimiento y con tendencia a morir.

En general, para todos los tratamientos, más del 50% de los individuos presentan copas parcial o totalmente cubiertas por otras copas, las cuales pueden ser de individuos de la misma especie o de otras especies (entrefaja)

En general, el mejor resultado en posición de copa se presenta en el tratamiento ACRPLA05 que posee el 62.2 % de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior; seguido de cerca por el tratamiento GLEPLA30 con el 60.5 %. Estos dos tratamientos también muestran un excelente

crecimiento en diámetro y altura, lo cual no es sorprendente ya que la altura de los árboles está generalmente relacionada con el tamaño y vigor de sus copas, lo que genera diferentes ritmos de crecimiento y condiciones de competencia

Cuadro 14 - Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

POSICIÓN DE COPA	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPL30	ACRPLA05	ACRPLA10	ACRPLA30	ACROND05	CAMCOL05	CAMCOL10
Emergente	19.1	18.5	42.1	35.8	28.8	16.1	23.2	17.0	25.5
Dosel superior	35.3	18.5	18.4	26.4	23.3	21.4	17.9	15.1	34.0
Dosel intermedio	19.1	29.6	18.4	17.0	12.3	23.2	12.5	18.9	19.1
Dosel inferior	8.8	20.4	18.4	15.1	11.0	32.1	21.4	32.1	19.1
Sotobosque	17.6	13.0	2.6	5.7	24.7	7.1	25.0	17.0	2.1
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Para determinar si la frecuencia de ocurrencia de las categorías de posición de copas puede estar asociada al tipo de tratamiento, se aplicó una prueba de ji-cuadrado a los datos obtenidos, que prueba la hipótesis de que No existe dependencia de la posición de copa con respecto al tratamiento empleado (Anexo 15)

Los resultados de la prueba (Valor de ji-cuadrado: 131.4953; Probabilidad:< 0.0001) indican que la hipótesis planteada se rechaza Es decir, existe evidencia de que la frecuencia de las categorías de posición de copa de los árboles depende del tratamiento empleado

En relación a la forma de la copa (Cuadro 15), de nuevo, GLEPLA30 muestra la mejor arquitectura, con el 52.6 % de sus individuos con copa de tipo perfecta, es decir con forma de círculo completo y alta vigorosidad Sin embargo ACRPLA05, ACRPLA30 y ACROND05, a pesar de su buen comportamiento en cuanto a posición de copa, presentan un porcentaje relativamente bajo de sus individuos con forma de copa perfecta (16.7 %; 16.1 % y 10.7 % respectivamente). De todas formas ACRPLA05, logra acumular un 63 % de sus individuos con copa perfecta o buena, lo cual es mas consistente con su comportamiento en variables como DAP; altura total o altura dominante

La tendencia de *C. catenaeformis* a formar buenas copas ya ha sido reportada por varios autores como Loureiro (1979), quién atribuye esta característica a la buena poda natural de esta especie

La buena forma de copas y de fuste también es mencionada por Aróstegui (1992) y Claussi *et al.* (1992) para las plantaciones y árboles semilleros de *C. catenaeformis* en Jenaro Herrera (Perú).

Cuadro 15 - Forma de la copa de los árboles de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento.

FORMA DE COPA	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPL30	ACRPLA05	ACRPLA10	ACRPLA30	ACROND05	CAMCOL05	CAMCOL10
Perfecta	29.2	27.8	52.6	16.7	31.5	16.1	10.7	23.1	45.7
Buena	33.8	18.5	23.7	46.3	32.9	25.0	33.9	19.2	30.4
Tolerable	20.0	42.6	15.8	20.4	26.0	41.1	35.7	44.2	19.6
Pobre	10.8	9.3	5.3	14.8	4.1	8.9	17.9	7.7	2.2
Muy pobre	6.2	1.9	2.6	1.9	5.5	8.9	1.8	5.8	2.2
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Un detalle importante de *C. catenaeformis* es que en ningún tratamiento el porcentaje de árboles con copa muy pobre supera el 10 % de individuos, el más alto es el tratamiento ACRPLA30 con 8.9 %, lo cual se debe básicamente a la mayor densidad de la plantación, que incrementa la competencia entre individuos, resultando que alguno de ellos queden suprimidos y no desarrollen adecuadamente su copa

También se realizó una prueba de independencia para determinar si la frecuencia de ocurrencia de las categorías de forma de copa puede estar asociada al tipo de tratamiento (Anexo 15). Los resultados de la prueba (Valor de ji-cuadrado: 145 4711; Probabilidad: < 0 0001) indican que existe evidencia de que las categorías de forma de copa están influenciadas por el tratamiento utilizado.

4.2.3 Productividad

Para el cálculo del volumen (Cuadro 17) se presenta los valores obtenidos utilizando los dos tamaños de parcela "Opción 1" y "Opción 2" (Sección 3.4.2). Para el área basal (Fig. 21) solo se muestran los resultados según la Opción 2. Asimismo los análisis estadísticos se realizaron utilizando como base las parcelas de la "Opción 2", cuyos dimensiones incluyen menos superficie de la entrefaja, que en ocasiones afecta significativamente las estimaciones del volumen por unidad de área, principalmente en las fajas de 30 m de ancho. En el Cuadro 16 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para los 9 tratamientos de este experimento, así como los resultados de la prueba de comparación de medias (Ver también Anexo 9). Debe señalarse que para el caso de los tratamientos en fajas de 5 m de ancho, las dimensiones de las parcelas "Opción 1" y "Opción 2" tienen el mismo valor (Anexo 5).

Cuadro 16 - Variables de productividad de *C. catenaeformis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 19-20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan. Las cifras superiores corresponden a las parcelas "Opción 2" y las cifras de abajo a las parcelas "Opción 1".

Código de tratamientos		Área basal (m ² / ha)		Volumen (m ³ /ha)		IMA Volumen (m ³ /ha/año)	
GLEPLA05	001	3.02	b	28.12	b	1.46	b
		3.02		28.15			
GLEPLA10	002	3.10	b	30.80	b	1.75	b
		2.00		20.50			
GLEPLA30	003	2.53	b	29.13	b	1.56	b
		1.70		19.4			
ACRPLA05	004	5.58	b	69.26	b	3.64	b
		5.58		69.26			
ACRPLA10	005	3.44	b	39.56	b	2.28	b
		2.30		26.40			
ACRPLA30	006	23.82	a	226.86	a	13.42	a
		15.90		151.20			
ACROND05	007	4.36	b	48.16	b	2.66	b
		3.30		36.10			
CAMCOL05	008	1.78	b	17.30	b	1.02	b
		1.78		17.30			
CAMCOL10	009	5.42	b	56.18	b	3.34	b
		5.42		56.18			
CV%		58.49		61.8		62.74	
R ²		0.81		0.76		0.77	
P > F		0.0001	*	0.0001	*	0.0001	*

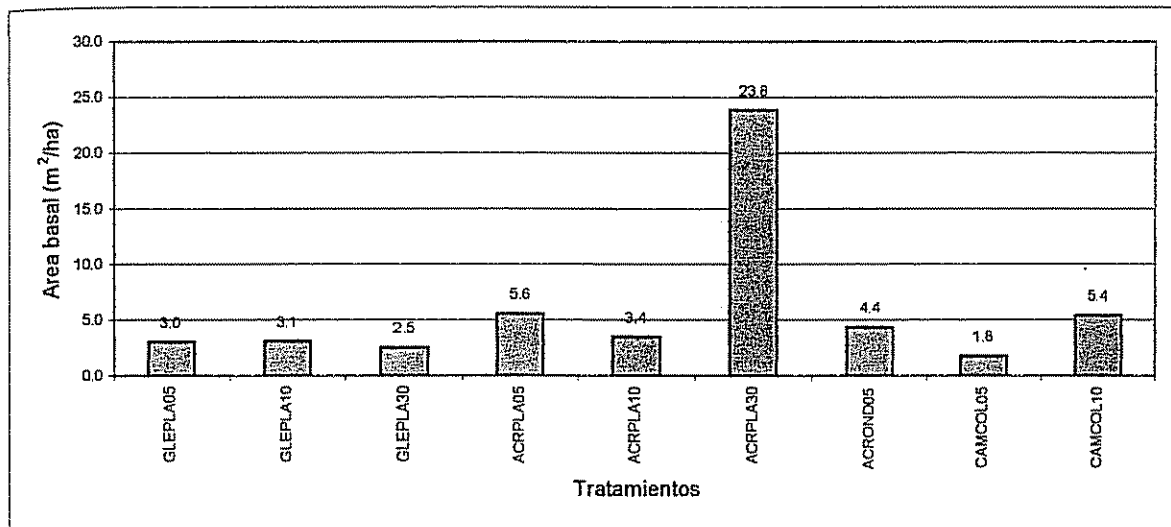
Área basal

Tomando como base la parcela "Opción 2" (Sección 3.4.2), la mayor área basal se presentó en el tratamiento ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 23.82 m²/ha, lo cual puede ser observado gráficamente en la Fig. 21. Los demás tratamientos muestran un área basal inferior a 6 m²/ha, lo cual es reflejo de la baja densidad de las plantaciones en fajas.

Los bajos valores de área basal en plantaciones de enriquecimiento también fue comprobado por Claussi *et al.* (1992) en fajas de 4 m de ancho, entre fajas de 15 m de ancho y 4 m entre árboles. A los 16,7 años se obtuvo 10.03 m²/ha para *C. catenaeformis*. En otra plantación de 12.4 años se obtuvo solo 0.98 m²/ha de área basal, esta vez en fajas de 3 m de ancho, entre fajas de 20 m y 3 m entre árboles. Sin embargo no se indica las dimensiones y características de la parcela de evaluación.

En las plantaciones de Von Humboldt, el menor resultado en área basal se presentó en el tratamiento CAMCOL05 con solo 1.78 m²/ha. En el Cuadro 16 vemos que el valor de P > F es menor a 0.0001, por lo tanto se concluye que la diferencia en área basal entre los tratamientos es altamente significativa al nivel de 0.05 o más precisamente se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en área basal entre los tratamientos.

Figura 21 - Resultados de área basal por hectárea en 9 tratamientos. Plantaciones de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.



Volumen

Al analizar los resultados en términos de productividad en volumen total por hectárea (Cuadros 16 y 17), a la edad de 20 años, es importante destacar que la variable número de árboles por hectárea, muestra diferencias de hasta más de 400 árboles, al comparar un tratamiento con otro, por lo cual evidentemente los resultados fueron influenciados por la variable mencionada. A mayor densidad, mayor volumen maderero. Por ejemplo, entre el tratamiento más productivo en volumen, ACRPLA30 (226.9 m³/ha) y el menos productiva, CAMCOL05 (17.3 m³/ha), se da una diferencia de 489 árboles por hectárea, a favor del primer tratamiento.

Por otra parte, ACRPLA05 (69.3 m³/ha) superó ampliamente en volumen a CAMCOL05 (17.3 m³/ha), a pesar de tener solo un árbol más de diferencia (72 y 71 árboles por hectárea respectivamente), lo cual en este caso debe ser atribuido principalmente a la calidad de sitio. El tratamiento ACRPLA30, que posee una densidad de 560 árboles por hectárea, muestra el mayor volumen de madera, con un valor de 226.9 m³/ha.

Con respecto a la productividad de *C. catenaeformis* en la literatura es escasa y por lo general solo se indica resultados de crecimiento y no de productividad. Además se ofrece pocos detalles sobre las características de la plantación y la metodología de evaluación. Solo el reporte de Claussi, Marmillo y Blaser (Claussi *et al* 1992) brinda información bastante satisfactoria sobre productividad de esta especie forestal en fajas de enriquecimiento en Jenaro Herrera (Perú). Entre los resultados obtenidos se

menciona un volumen de 138.3 m³/ha a los 16.7 años para plantaciones en fajas de 4 m de ancho, 15 m de entrefaja y un promedio de 125 árboles por ha, similar a algunas densidades de las plantaciones de Von Humboldt.

Cuadro 17 - Volumen (m³/ha) obtenido en plantaciones en fajas de enriquecimiento de *C. catenaeformis* en el Bosque A von Humboldt, Perú. Se presentan los volúmenes obtenidos en cada parcela de todos los tratamientos. La cifra superior corresponde al valor obtenido en las parcelas "Opción 1" y el valor inferior al obtenido en las parcelas "Opción 2" (Ver Sección 3.4.2)

	GLEPLA 05	GLEPLA 10	GLEPLA 30	ACRPLA 05	ACRPLA 10	ACRPLA 30	ACROND 05	CAMCOL 05	CAMCOL 10
Parcela 1	29.9 29.9	16.3 24.5	16.4 24.6	133.9 133.9	6.5 9.7	239.7 359.5	43.8 58.4	3.7 3.7	112.0 112.0
Parcela 2	34.7 34.4	29.2 43.8	14.5 21.8	51.1 51.1	30.8 46.1	111.0 166.4	30.0 40.0	18.3 18.3	44.5 44.5
Parcela 3	28.7 28.7	23.3 34.9	27.4 41.0	61.5 61.5	33.9 50.9	133.8 200.7	24.6 32.7	22.0 22.0	24.6 24.6
Parcela 4	16.0 16.0	13.3 20.0	-	22.1 22.1	33.6 50.4	88.9 133.3	17.2 22.9	14.2 14.2	69.4 69.4
Parcela 5	31.3 31.3	-	-	77.7 77.7	27.1 40.7	183.0 274.4	65.1 86.8	28.3 28.3	3.7 3.7
Promedio	28.1 28.1	20.5 30.8	19.4 29.2	69.3 69.3	26.4 39.5	151.2 226.9	36.1 48.2	17.3 17.3	56.2 56.2

Para los demás tratamientos, el volumen obtenido está entre 17.3 m³/ha (CAMCOL05) y 69.3 m³/ha (ACRPLA05).

En el Cuadro 13 observamos que el valor de P>F es menor a 0.0001, por lo tanto se concluye que la diferencia en volumen entre los tratamientos es altamente significativa al nivel de 0.05 o más precisamente se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en volumen entre los tratamientos.

Los resultados de Incremento Medio Anual en volumen (IMAVOL) están entre 13.4 m³/ha/año (ACRPLA30) y 1.0 m³/ha/año (CAMCOL05) y como es obvio, la comparación de medias muestra diferencias significativas (Cuadro 16). Al respecto, Schwyzer (1981) menciona que *C. catenaeformis* logra producir en plantaciones un IMAVOL de 15 a 20 m³/ha/año, en comparación con el bosque natural donde se encuentran incrementos de hasta 1 m³/ha/año.

4.3 Plantación de *Amburana cearensis* (Allemao) A. C. Smith en fajas de enriquecimiento

4.3.1 Crecimiento

En el Cuadro 8 y el Anexo 10 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para los 11 tratamientos, así como los resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos. En el Cuadro 9 y el Anexo 11 se muestran los resultados de la comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales. En el Anexo 13 se muestra la distribución diamétrica para cada tratamiento de este experimento. En el Anexo 16 se indican los resultados de las pruebas de independencia para posición y forma de copa de los árboles.

Cuadro 18 - Promedio de variables de crecimiento de *A. cearensis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 19-20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P 0.05), prueba de Duncan.

TRATAMIENTO	Número de árboles por ha	Porcentaje de árboles actuales en relación al número original(%)	DAP (cm)	IMA DAP (cm/año)	Altura total (m)	IMA Altura total (m/año)	Altura dominante (m)	Altura comercial (m)
GLEPLA05 001	69 d	52 c	9.4 de	0.5 de	9.68 ab	0.50 ab	9.68 bcd	6.31 abc
GLEPLA10 002	307 b	91 a	9.4 de	0.5 cde	8.24 bc	0.42 ab	11.94 b	5.90 abcd
GLEPLA30 003	248 b	50 c	13.5 ab	0.7 ab	10.70 a	0.52 a	15.78 a	7.15 a
GLEOND05 004	85 d	64 bc	14.6 a	0.8 a	10.42 a	0.52 a	10.42 bc	6.02 abcd
ACRPLA10 005	106 cd	53 c	8.7 def	0.4 e	7.34 c	0.38 b	7.34 d	4.85 d
ACRPLA30 006	420 a	63 bc	6.9 f	0.5 de	7.34 c	0.38 b	10.14 bc	5.36 cd
ACROND05 007	93 dc	70 bc	10.7 dc	0.6 bcd	9.00 abc	0.46 ab	9.00 cd	5.77 bcd
ACRCOL05 008	101 dc	76 ab	12.1 bc	0.5 abc	10.04 ab	0.52 a	10.24 bc	6.78 ab
CAMOND05 009	69 d	31 d	7.5 ef	0.4 e	8.30 bc	0.42 ab	8.60 cd	6.31 abc
CAMCOL05 010	156 c	70 bc	8.6 def	0.5 de	8.98 abc	0.46 ab	10.06 bc	6.38 abc
CAMCOL10 011	75 d	90 a	8.5 def	0.4 e	8.82 abc	0.46 ab	8.82 cd	5.77 bcd
CV%	28.43	21.33	15.80	18.79	14.45	18.01	17.44	14.46
R ²	0.88	0.67	0.74	0.65	0.48	0.33	0.64	0.39
P > F	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	0.0009 *	0.0483 *	<.0001 *	0.0137 *

Cuadro 19 - Comparación de promedios grupales de variables de crecimiento a través de contrastes ortogonales. Los valores numéricos corresponden a las P > F. Plantaciones de 20 años de *A. cearensis* en líneas de enriquecimiento en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú. CODIGOS: GLE: Gleysol ; ACR: Acrisol ; CAM: Cambisol ; PLA: Plano ; OND: Ondulado ; COL: Colinoso

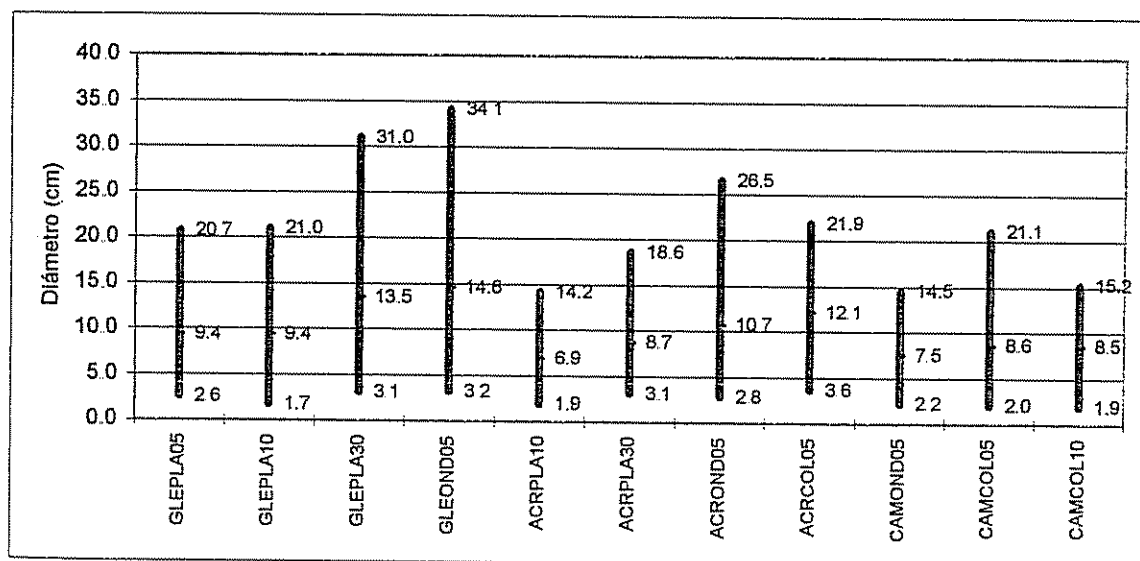
COMPARACION	Número de árboles por ha	Porcentaje de árboles actuales	DAP	IMA DAP	Altura total	IMA Altura total	Altura dominante	Altura comercial
ACR vs CAM	<.0001 *	0.7073 NS	0.0153 *	0.0334 *	0.5597 NS	0.7338 NS	0.9749 NS	0.1429 NS
GLE vs ACR	0.8479 NS	0.7664 NS	0.0002 *	0.0053 *	0.0033 *	0.0565 NS	<.0001 *	0.0278 *
OND vs COL	0.1153 NS	<.0001 *	0.0532 NS	0.0705 NS	0.9366 NS	0.7285 NS	0.5963 NS	0.4237 NS
PLA vs COL	<.0001 *	0.0005 *	0.7692 NS	0.8008 NS	0.1513 NS	0.1457 NS	0.0351 *	0.1781 NS
05 vs 10	<.0001 *	0.0003 *	<.0001 *	0.0006 *	0.0041 *	0.0267 *	0.6044 NS	0.0104 NS
CV%	28.43	21.33	15.80	18.79	14.45	18.01	17.44	14.46
R ²	0.88	0.67	0.74	0.65	0.48	0.33	0.64	0.39
P > F	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *	0.0009 *	0.0483 *	<.0001 *	0.0137 *

Diámetro a la altura del pecho (DAP)

A los 19 años de edad, la mayor parte de los tratamientos muestra un DAP promedio inferior a 10 cm (Fig 22). Es notorio que solo 4 tratamientos tienen un DAP mayor a 10 cm y que los dos tratamientos con mayor DAP están en suelo gleysol. Los resultados menores están concentrados principalmente en suelos de tipo cambisol, pero el menor valor general está en el tratamiento ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con solo 6.9 cm de DAP.

El mejor resultado en DAP promedio se presentó en el tratamiento GLEOND05 (suelo gleysol-fisiografía ondulada-fajas de 5 m de ancho), con 14.6 cm de diámetro (Fig 22), seguido por el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 13.5 cm. Considerando la edad de la plantación, estos resultados muestran que *A. cearensis* es una especie de mediano a lento crecimiento. Esta tendencia también es también notoria considerando los valores de IMADAP, ya que el valor más alto es de 0.8 cm/año en el tratamiento GLEOND05 (Cuadro 18)

Figura 22 – DAP promedio (cm) en 11 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.



En otras experiencias se determinaron valores de IMADAP más bajos, por ejemplo 0.51 cm/año en plantaciones en vías de extracción maderera en Acre, Brasil (D'Oliveira 2000) o 0.38-0.41 cm/año en fajas de enriquecimiento en la Carretera Marginal, Perú (Galván 1996). Sin embargo, en otro ensayo

llevado a cabo en Acre, Brasil, bajo un sistema de bloques compuesto por cinco líneas de árboles separados por 1.5 m; se halló un IMADAP de 1.23 cm/ año, similar a especies como *Leucaena leucocephala* o *Cedrela odorata* (Miranda y Valentim 2000). Este crecimiento es inusualmente alto para la especie y nos indica que bajo condiciones adecuadas puede acelerar su crecimiento natural. Es necesario enfatizar que el IMADAP es mayor durante los primeros años de vida del árbol, tal como fue determinado por Soudre *et al.* (2001), quienes hallaron a los 13 meses de edad un DAP entre 1.1–1.3 cm para plantaciones en áreas degradadas de Pucallpa, Perú.

El menor resultado en DAP se obtuvo en el tratamiento ACRPLA10 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 10 m de ancho) con solo 6.9 cm. Con respecto al IMADAP los menores valores se obtuvieron en los tratamientos ACRPLA10, CAMOND05 y CAMCOL10 con 0.4 cm/ año. Al igual que en *Cedrelinga catenaeformis*, el bajo crecimiento diamétrico está relacionado a la baja intensidad de manejo aplicado a las plantaciones entre 1992-2000, ya que en general, el DAP es muy afectado al aumentar la competencia entre los árboles.

Con respecto al DAP, en el Cuadro 14 vemos que el valor de $P > F$ es menor a 0.0001, por lo tanto concluimos que la diferencia en crecimiento en DAP entre los tratamientos es significativa a nivel de 0.05. La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (Cuadro 19) muestra que el DAP promedio de los tratamientos en suelos gleysol difieren significativamente de los establecidos en suelos acrisol y cambisol. Entre suelos acrisol y cambisol también hay diferencias significativas. Podemos concluir por lo tanto que *A. cearensis* en plantaciones en fajas de enriquecimiento obtiene mejores diámetros en suelos gleysol y los suelos más inadecuados son los cambisoles.

Con respecto a la fisiografía del terreno, no existen diferencias significativas entre terrenos planos y colinosos, en otras palabras, no hay evidencia estadística de que la topografía influya sobre el DAP de *A. cearensis*. En todo caso, esta influencia ocurre en combinación con otros factores como el tipo de suelo. En cambio el sistema de plantación sí muestra una influencia sobre el DAP, probablemente debido a los diferentes regímenes de luz que reciben los árboles, lo cual origina una desigual disponibilidad de energía para el crecimiento.

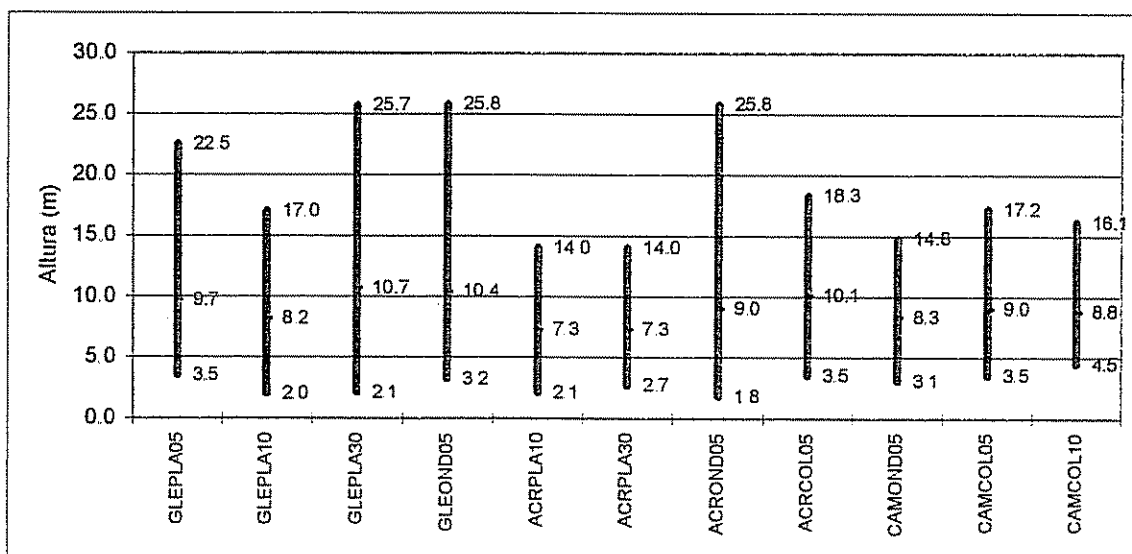
En el Anexo 13 se muestra que en general las distribuciones diamétricas son muy heterogéneas y con un sesgo notorio hacia la izquierda, es decir la mayor parte de los individuos se hallan en las clases diamétricas inferiores. Solo en los tratamientos GLEOND05 y CAMCOL10 se nota una distribución aproximada a la normal, con una clase central principal. El análisis nos permite sacar dos conclusiones principales:

- a) *A. cearensis* es una especie muy susceptible a la falta de manejo, por lo que la falta de intervenciones silviculturales y de mantenimiento origina una competencia por recursos entre los árboles de esta especie y también con la vegetación ubicada en las entrefajas. En consecuencia la mayor parte de individuos no crece y solo unos pocos logran alcanzar el dosel superior y maximizar su desarrollo.
- b) El valor promedio no parece ser un buen indicador de la caracterización diamétrica de las plantaciones debido al sesgo de las distribuciones, probablemente la mediana u otra medida de tendencia central sería más adecuada.

Altura total

En base a los resultados mostrados en la Fig. 23 podemos afirmar que *A. cearensis* es una especie de lento a mediano crecimiento. La mayor altura total promedio se obtuvo en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 10 metros de ancho) con 10.7 m y con un Incremento Medio Anual en altura (IMAALT) de 0.5 m por año (Cuadro 18) lo cual es mucho menor del rango (1-1.5 m/año) recomendado por Dawkins (1958) como condición necesaria para el éxito de una plantación en fajas de enriquecimiento en el trópico.

Figura 23 – Altura promedio (m) en 11 tratamientos. Se indica también los valores extremos (mínimo y máximo) obtenidos en cada plantación. Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.



La plantación en GLEOND05 (suelo gleysol-fisiografía ondulada-fajas de 5 m de ancho) también alcanzó una altura promedio alta (10.4 m) y un IMAALT de 0.5 m/año. Como comparación podemos mencionar el IMAALT de 0.53 m/año en fajas de enriquecimiento hallado por Galván (1996) en la Zona de la Carretera Marginal, Perú, aunque en este caso se trató de plantaciones de 8 años de edad. Sin embargo, en algunos casos el IMAALT puede llegar hasta 0.8 m/año tal como es reportado por Miranda y Valentim (2000) en el Estado de Acre, Brasil en plantaciones experimentales de cuatro años. También en otra zona de Brasil D'Oliveira (2000) obtuvo un IMAALT de 0.64 m/año en plantaciones en viales de extracción forestal de 5 años, lo cual es atribuido por el autor al manejo adecuado de la luz e incluso recomienda esta técnica de plantación para *Amburana cearensis*.

El menor resultado en altura total se obtuvo en los tratamientos ACRPLA10 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 10 m de ancho) y ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 30 m de ancho), ambos con 7.34 m de altura promedio y con un IMAALT de 0.38 m/año lo cual puede calificarse como muy bajo (Cuadro 14). En plantaciones agroforestales el IMAALT de *A. cearensis* puede ser aún más bajo, como es reportado por De la Cruz (1999) quien halló una altura promedio de 1.0 m en plantaciones de 4 años en la zona del Huallaga Central (Perú) similar al 1.09 m de altura promedio hallado por Soudre *et al.* (2001) a los 13 meses de edad en plantaciones en pasturas degradadas de Pucallpa (Perú).

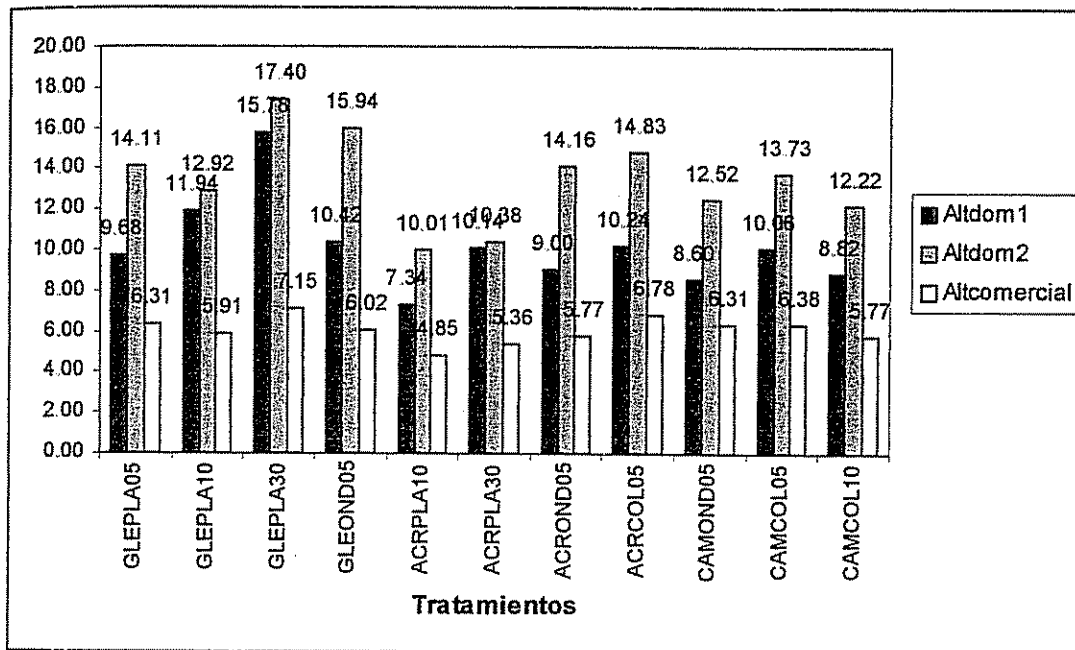
En el Cuadro 14 vemos que el valor de $P > F$ es igual a 0.0009, por lo tanto concluimos que la diferencia en crecimiento en altura total entre los tratamientos es significativa al nivel de 0.05. A nivel de IMAALT también hay diferencias significativas. La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (Cuadro 15) muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos en suelo gleysol y los ubicados en suelo acrisol y cambisol en conjunto. Podemos concluir que los mejores resultados en altura total se hallan en suelo gleysol. Con respecto a la fisiografía del terreno, no existen diferencias significativas entre zonas colinosas y las zonas onduladas y entre estas últimas en conjunto versus las zonas planas. En otras palabras, no existe evidencia estadística ($P > 0.05$) de que la fisiografía del terreno influya sobre la altura total de *A. cearensis* establecido en fajas de enriquecimiento. Tampoco hay evidencia de la influencia de la fisiografía sobre el IMAALT.

Altura dominante y altura comercial

La altura dominante (Altdom1) es definida en este estudio como la altura promedio de los 100 árboles más altos por hectárea. La variable Altdom2 es definida como la altura promedio del 30 % superior de todos los árboles vivos colocándolos en orden descendente con respecto a su altura total. Los resultados de Altdom1 y Altdom2 se presentan en la Fig. 24. La mayor altura dominante promedio

(Altdom1) se presenta en el tratamiento GLEPLA30 (Suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 15.78 m y también se halla ahí el mejor resultado de Altdom2 con 17.40 m. El segundo mejor sitio también en suelo gleysol es el tratamiento GLEPLA10 con 11.94 de Altdom1 y 12.92 m de Altdom2. El sitio con menor productividad se halla en el tratamiento ACRPLA10 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 10 m de ancho) con 7.3 m de Altdom1 y 10.0 m de Altdom2.

Figura 24 - Resultados de altura dominante (m) y altura comercial (m) Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Alexander von Humboldt, Perú.



La comparación de promedios grupales mediante contrastes ortogonales (Cuadro 19) muestra que definitivamente, los mejores resultados en altura dominante se hallan en suelo gleysol, por lo que se concluye que comparativamente este tipo de suelo es el mejor para esta especie.

Con respecto a la altura comercial, se puede observar un bajo valor para todos los tratamientos, ya que el tratamiento con mejor altura comercial es el GLEPLA30 con solo 7.15 m, lo cual se debe en gran parte a la mala arquitectura de los individuos de esta plantación lo cual será explicado con más detalle en la sección de forma de fuste y de copa. La altura comercial de los árboles de *A. cearensis*, en especial los ubicados en suelo gleysol, se pudo haber mejorado con un manejo y mantenimiento adecuado de la masa forestal. En este sentido es necesario resaltar la escasez de información sobre el crecimiento de esta especie, a pesar de haberse llevado a cabo plantaciones experimentales desde inicios de la década de los ochenta.

Número de árboles por hectárea y porcentaje de árboles actuales

En el Cuadro 18 se muestra el número de árboles por hectárea para cada uno de los tratamientos ensayados. Es obvio que este número depende básicamente de la densidad inicial de la plantación y por lo tanto se observa fuertes diferencias en el número de individuos remanentes. La densidad actual de los árboles va a influir fuertemente sobre las variables de productividad tales como el área basal y el volumen. El tratamiento con el mayor número de árboles por hectárea es ACRPLA30 con 420 árboles/ha. Sin embargo en el caso del porcentaje de árboles actuales con respecto al número de árboles originales, si se observan similitudes entre el tratamiento GLEPLA10 y CAMCOL10 con 91 % y 90 % respectivamente. Estos valores se asemejan al 91 % de supervivencia hallado por D'Oliveira (2000) en plantaciones de 5 años en vales de extracción forestal en Acre, Brasil. Por otro lado, el menor porcentaje se halla en el tratamiento CAMOND05 con 31%

Puesto que no se han realizado raleos, en ninguno de los tratamientos con *A. cearensis*, las altas diferencias de árboles vivos actuales entre los tratamientos son difíciles de explicar y es bastante probable que se deban a factores de mal manejo de la plantación en asociación con las condiciones del sitio y el material genético empleado.

El análisis de variancia muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento ACRPLA30 y el resto de tratamientos con respecto al número de árboles por hectárea (Cuadro 14)

4.3.2 Forma y calidad

Forma del fuste

Una de las características naturales más notorias de *A. cearensis* es la forma sinuosa del fuste. En tal sentido, todos los tratamientos, a excepción de GLEPLA30, presentaron fustes sinuosos en más del 20 % de sus individuos, especialmente en ACRPLA30 con 34.9 % de sus individuos poco sinuosos y 9.5 % muy sinuosos (Cuadro 20). Otra característica que afectó la forma del fuste son las bifurcaciones bajas, el mayor valor se presenta en CAMOND05 con 29.0 % de sus individuos con bifurcaciones que influyen negativamente sobre el valor del fuste. El tratamiento ACRCOL05 presentó un 60.5 % de sus individuos con fustes rectos y sin defecto de forma, en todos los otros tratamientos este porcentaje varió entre 12.7 % (ACRPLA30) y 54.8 % (ACROND05).

Cuadro 20 - Frecuencia (F) y porcentaje (%) de códigos de forma de fuste con respecto al número total de ejes vivos en plantaciones de 20 años de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Bosque Alexander von Humboldt, Perú.

CODIGOS DE FORMA	TRATAMIENTOS																							
	GLEPLA05		GLEPLA10		GLEPLA30		GLEOND05		ACRPLA10		ACRPLA30		ACROND05		ACRCOL05		CAMOND05		CAMCOL05		CAMCOL10			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%		
2 = Poco sinuoso	17	32.7	23	25.0	12	17.9	21	32.8	15	28.3	22	34.9	11	26.2	16	21.1	8	25.8	17	24.3	15	33.3		
3 = Muy sinuoso	1	1.9			4	6.0	6	9.4	2	3.8	6	9.5	1	2.4	8	10.5	1	3.2	4	5.7	6	13.3		
5 = Bifurcado			3	3.3	5	7.5	4	6.3	7	13.2		1.6			2	2.6	9	29.0	9	12.9	1	2.2		
6 = Inclinado	16	30.8	24	26.1	13	19.4	20	31.3	8	15.1	20	31.7	7	16.7	10	13.2			8	11.4	5	11.1		
A = Tallo quebrado con recuperación	7	13.5	5	5.4	16	23.9	8	12.5	14	26.4	14	22.2	11	26.2	2	2.6					9	12.9	5	11.1
B = Tallo quebrado sin recuperación			3	3.3	1	1.5		1.6		1.9	1	1.6			1	1.3	1	3.2	3	4.3				
C = Sin copa	3	5.8	5	5.4	1	1.5		1.6	4	7.5	1	1.6			2	2.6					1	2.2		
D = Replantación					1	1.5		1.6																
F = Rebrote			1	1.1	2	3.0		1.6	3	5.7	3	4.8	1	2.4	1	1.3	1	3.2	1	1.4	2	4.4		
L = Ejes rectos y sin defectos de forma	27	51.9	42	45.7	30	44.8	22	34.4	7	13.2	8	12.7	23	54.8	46	60.5	14	45.2	37	52.9	18	40.0		
EJES VIVOS TOTALES	52		92		67		64		53		63		42		76		31		70		45			

El porcentaje de árboles inclinados también es notorio en todos tratamientos, con la sola excepción de CAMOND05, que no presenta ningún individuo con esta característica. En otras plantaciones experimentales también se hallaron pocos fustes rectos. Por ejemplo Galván (1996) halló que en fajas de enriquecimiento en la Carretera Marginal (Perú) la tendencia de los individuos de *A. cearensis* a formar fustes “deformados” y que difícilmente se pueden hallar árboles con un fuste recto mayor de cuatro metros. En general, se concluye que esta especie presenta muchos problemas de forma, al ser establecido en fajas de enriquecimiento.

Sanidad del árbol

Con respecto a la sanidad de los árboles (Cuadro 21), existe en general, un predominio de individuos vigorosos, aunque en menor grado que en *C. catenaeformis*. Solo en caso de los tratamientos ACRPLA10 y ACRPLA30 existe un porcentaje mayor de 25 % con algún tipo de daño en el fuste, principalmente ataque de comejenes (Isóptera) y de insectos defoliadores. Esta cifra también incluye daños causados por caídas de ramas. Al igual que en *C. catenaeformis*, no se empleó ningún tipo de pesticidas en estas plantaciones.

Cuadro 21 – Estado sanitario de los árboles en plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Las clases están representadas en porcentajes con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú

ESTADO FITOSANITARIO	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	GLEOND05	ACRPLA10	ACRPLA30	ACROND05	ACRCOL05	CAMOND05	CAMCOL05	CAMCOL10
Vigoroso	80.0	88.6	82.3	79.4	69.8	71.9	79.4	90.8	86.2	80.0	90.9
Afectado ramas superiores	20.0	6.8	14.5	20.6	30.2	28.1	20.6	7.9	13.8	20.0	9.1
Afectado en eje principal	0.0	2.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mas de 2 tercios de copa muerta	0.0	2.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Posición y forma de copa

En relación a la posición de la copa, existe mucha variación entre los tratamientos. El 19 % de los individuos en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-fajas de 30 m de ancho) muestra una copa completamente libre, mientras que en el caso de ACRPLA10 (suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 10 m de ancho) la mayor parte de los individuos (65 %) presenta su copa dentro del sotobosque, es decir están completamente suprimidos y es probable que no desarrollen más. Estos individuos no reciben luz solar directa, solo algo de luz difusa y por esta razón son débiles y con tendencia a morir. Debe tenerse en cuenta que en este tratamiento, solo existe un 53% de árboles remanentes en relación al número original (Cuadro 18), de los cuales solo el 2 % presenta su copa en el estrato superior es decir emergentes. En general, para todos los tratamientos, mas del 80 % de los individuos presenta copas parcial o totalmente cubierto por otras copas, las cuales pueden ser de individuos de la misma especie, pero principalmente de otras especies. Como comparación podemos mencionar que Galván (1996) determinó en fajas de enriquecimiento de ocho años en la Carretera Marginal (Perú) que entre el 43-57% de los individuos poseían sus copas en el dosel inferior y solo el 2 % tenía su copa en la categoría emergente.

En general, el mejor resultado en posición de copa se presenta en el tratamiento GLEOND05 que posee el 40% de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior. Este tratamiento posee también el segundo lugar en mejor altura total promedio (Fig 23)

En relación a la forma de la copa (Cuadro 23) GLEOND05 (Suelo gleysol-fisiografía ondulada-faja de 5 m de ancho) muestra la mejor arquitectura, con 24 % de individuos con copa perfecta y 17 % con copa buena, mientras que ACRPLA10 posee el 35 % de sus individuos con copa de forma muy pobre, lo cual es consistente con el hecho de tener la mas baja altura promedio (7.3 m) del experimento (Cuadro 18), ya que los árboles con copas deformes y suprimidas tienden a desarrollar poco en diámetro y altura.

Cuadro 22 - Posición relativa de la copa de los árboles en plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos de cada tratamiento. Bosque Alexander von Humboldt, Perú

POSICION DE LA COPA	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	GLEOND05	ACRPLA10	ACRPLA30	ACROND05	ACRCOL05	CAMOND05	CAMCOL05	CAMCOL10
Emergente	6.4	4.5	19.0	17.2	2.2	1.6	12.8	6.7	0.0	0.0	2.3
Dosel superior	14.9	19.3	12.7	23.4	6.5	12.9	10.3	21.3	6.7	7.6	11.4
Dosel intermedio	21.3	19.3	17.5	26.6	4.3	17.7	10.3	34.7	16.7	19.7	34.1
Dosel inferior	29.8	20.5	19.0	17.2	21.7	37.1	25.6	22.7	36.7	27.3	31.8
Sotobosque	27.7	36.4	31.7	15.6	65.2	30.6	41.0	14.7	40.0	45.5	20.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Cuadro 23 - Forma de la copa de los árboles de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento. Las categorías se presentan en porcentaje con relación al número total de árboles vivos. Bosque Alexander von Humboldt, Perú

FORMA DE COPA	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	GLEOND05	ACRPLA10	ACRPLA30	ACROND05	ACRCOL05	CAMOND05	CAMCOL05	CAMCOL10
Perfecta	11.5	17.4	17.5	23.8	6.5	1.6	10.5	22.7	6.7	6.1	6.7
Buena	25.0	24.4	28.6	17.5	17.4	14.5	10.5	33.3	6.7	12.1	26.7
Tolerable	26.9	24.4	19.0	23.8	26.1	32.3	34.2	18.7	46.7	27.3	44.4
Pobre	5.8	17.4	15.9	22.2	15.2	19.4	23.7	16.0	20.0	22.7	11.1
Muy pobre	30.8	16.3	19.0	12.7	34.8	32.3	21.1	9.3	20.0	31.8	11.1
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

4.3.3 Productividad

Para el cálculo del volumen (Cuadro 24) se presenta los valores obtenidos utilizando los dos tamaños de parcela "Opción 1" y "Opción 2" (Sección 3.4.2). Para el área basal (Fig 25) solo se muestran los resultados según la Opción 2. Asimismo los análisis estadísticos se realizaron utilizando como base las parcelas de la "Opción 2", cuyos dimensiones incluyen menos superficie de la entrefaja, que en ocasiones afecta significativamente las estimaciones del volumen por unidad de área, principalmente en las fajas de 30 m de ancho. En el Cuadro 24 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para los 11 tratamientos de este experimento, así como los resultados de la prueba de comparación de medias (Ver también Anexo 10). Debe señalarse que para el caso de los tratamientos en fajas de 5 m de ancho, las dimensiones de las parcelas "Opción 1" y "Opción 2" tienen el mismo valor (Anexo 6).

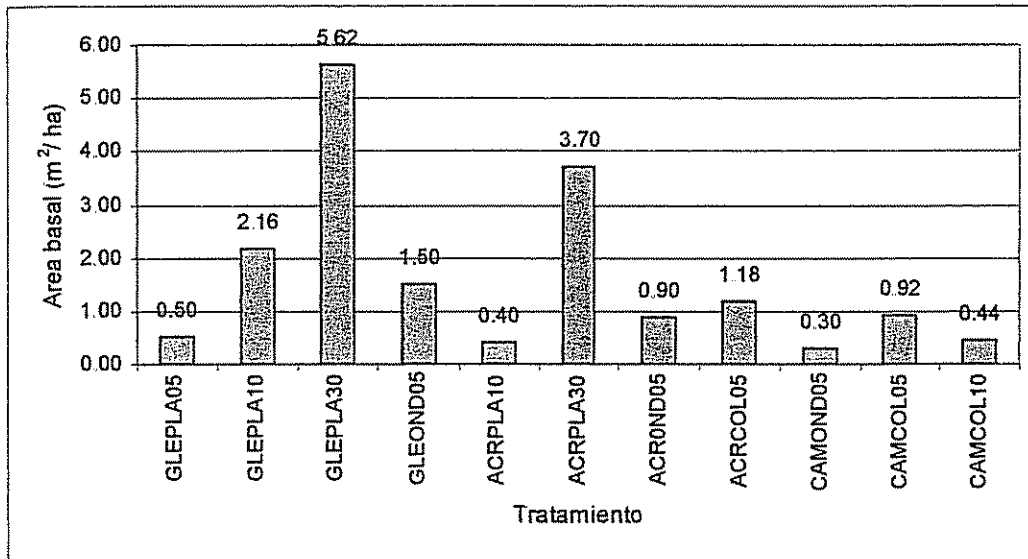
Cuadro 24 - Valores promedio de las variables de productividad de *Amburana cearensis* en plantaciones en líneas de enriquecimiento de 19-20 años. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$), prueba de Duncan.

TRATAMIENTO	Area basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA Volumen (m ³ /ha/año)
GLEPLA05 001	0.50 cd	2.68 b	0.16 b
GLEPLA10 002	2.16 bc	10.44 b	0.62 b
GLEPLA30 003	5.62 a	39.30 a	2.08 a
GLEOND05 004	1.50 cd	9.08 b	0.50 b
ACRPLA10 005	0.40 cd	1.52 b	0.10 b
ACRPLA30 006	3.70 b	14.52 b	0.84 b
ACROND05 007	0.90 cd	5.10 b	0.26 b
ACRCOL05 008	1.18 cd	6.82 b	0.38 b
CAMOND05 009	0.30 d	1.52 b	0.12 b
CAMCOL05 010	0.92 cd	4.90 b	0.30 b
CAMCOL10 011	0.44 cd	1.98 b	0.12 b
CV%	72.08	118.17	112.8
R ²	0.7	0.55	0.54
P > F	<.0001 *	<.0001 *	<.0001 *

Área basal

Debido a los bajos diámetros y al bajo número de árboles por hectárea obtenidos en los diversos tratamientos de este experimento, también las áreas basales resultantes fueron bajas. El mejor resultado en área basal se presentó en el tratamiento GLEPLA30 con 5.62 m²/ha (Fig 25). Todos los otros tratamientos muestran un área basal más baja aún y esto es reflejo básicamente de la baja densidad de las plantaciones en fajas de enriquecimiento.

Figura 25 - Resultados de área basal por hectárea en 11 tratamientos. Plantaciones de *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento de 19-20 años en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú.



En el Cuadro 19 vemos que el valor de $P > F$ es menor de 0.0001, por lo tanto se concluye que la diferencia en área basal entre los tratamientos es altamente significativa a nivel de 0.05 o más precisamente se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias en área basal entre los tratamientos.

Volumen

Los resultados de productividad en términos de volumen están afectados por el número de individuos actuales por hectárea. A mayor densidad, mayor volumen maderero. Por ejemplo, entre el tratamiento más productivo en volumen GLEPLA30 ($39.30 \text{ m}^3/\text{ha}$) y el menos productivo CAMOND05 ($1.52 \text{ m}^3/\text{ha}$) se da una diferencia de 92 árboles a favor del primero. El segundo tratamiento con mayor volumen es ACRPLA30 ($14.52 \text{ m}^3/\text{ha}$), el cual sin embargo posee 420 árboles/ha, el mayor número de individuos por hectárea de todo el experimento.

Un caso notorio de analizar se dan entre los tratamientos GLEPLA10 y GLEPLA30. El primer tratamiento tiene más individuos (307 árboles/ha) que el segundo (248 árboles/ha), pero este último casi cuadruplica en volumen al primero. Puesto que en este caso el único factor que varía es el ancho de la faja, podemos concluir que en la faja de 30 m de ancho, la mayor intensidad de luz originó un mayor desarrollo en DAP (13.5 cm) y altura total promedio (10.7 m), lo cual al final se ve reflejado en el mayor volumen maderero.

Cuadro 25 - Volumen (m³/ha) obtenido en plantaciones en fajas de enriquecimiento de *A. cearensis* en el Bosque A. von Humboldt, Perú. Se presentan los volúmenes obtenidos en cada parcela de todos los tratamientos. La cifra superior corresponde al valor obtenido en las parcelas "Opción 1" y el valor inferior al obtenido en las parcelas "Opción 2" (Ver Sección 3.4.2)

	GLEPLA 05	GLEPLA 10	GLEPLA 30	GLEOND 05	ACRPLA 10	ACRPLA 30	ACROND 05	ACRCOL 05	CAMOND 05	CAMCOL 05	CAMCOL 10
Parcela 1	2.0 2.0	8.5 8.5	65.4 98.1	16.6 16.6	2.2 2.2	9.5 14.2	2.5 2.5	5.1 5.1	3.1 3.1	6.5 6.5	1.9 1.9
Parcela 2	4.8 4.8	6.9 6.9	22.3 33.5	5.0 5.0	1.0 1.0	8.5 12.7	10.3 10.3	4.8 4.8	1.3 1.3	7.2 7.2	1.8 1.8
Parcela 3	2.2 2.2	11.4 11.4	12.5 18.8	9.6 9.6	2.3 2.3	10.0 15.0	2.5 2.5	5.7 5.7	1.4 1.4	3.6 3.6	1.8 1.8
Parcela 4	3.5 3.5	10.8 10.8	16.8 25.2	5.9 5.9	0.8 0.8	4.9 7.3	-	9.4 9.4	1.3 1.3	4.4 4.4	1.5 1.5
Parcela 5	0.9 0.9	14.6 14.6	13.9 20.9	8.3 8.3	1.3 1.3	15.6 23.4	-	9.1 9.1	0.5 0.5	2.8 2.8	2.9 2.9
Promedio	2.7 2.7	10.4 10.4	26.2 39.3	9.1 9.1	1.5 1.5	9.7 14.5	5.1 5.1	6.8 6.8	1.5 1.5	4.9 4.9	2.0 2.0

Las diferencias en volumen observadas en algunos casos entre las parcelas de la Opción 1 y la Opción 2, se deben a que en el primer caso se incluye mayor superficie de entrefaja, por lo cual el número de árboles por unidad de área disminuye, afectando al área basal y al volumen.

Los resultados de Incremento Medio Anual en volumen (Cuadro 24) están entre 2.08 m³/ha/año (GLEPLA30) y 0.10 m³/ha/año (ACRPLA10) y como es obvio, la comparación de medias muestra diferencias significativas.

4.4 Comparación entre sistemas de plantación para *Cedrelinga catenaeformis* y *Amburana cearensis*.

Los resultados mostrados en el Cuadro 4 señalan que en plantaciones puras *C. catenaeformis* fue la especie con mejor crecimiento en DAP, alcanzó 35.8 cm lo cual es superior al obtenido en fajas de enriquecimiento, cuyo mayor DAP fue de 30.7 cm en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho). El menor resultado en DAP (Cuadro 4) fue para *Amburana cearensis*, con solo 12.2 cm, el cual es menor a los obtenidos en fajas de enriquecimiento, en las que se obtuvo 14.6 cm en el tratamiento GLEOND05 (Suelo gleysol-fisiografía ondulada-fajas de 5 m de ancho).

El mejor resultado en IMADAP (Cuadro 4) en plantaciones puras es para *C. catenaeformis* con 1.96 cm/año, superior al más alto obtenido en fajas de enriquecimiento que fue de 1.58 cm/año para el tratamiento ACRPLA05 (Suelo acrisol-fisiografía plana-fajas de 5 m de ancho).

En plantaciones puras la mayor altura promedio fue para *C. catenaeformis* que alcanzó 26.4 m a los 20 años, ligeramente superior al más alto obtenido en fajas de enriquecimiento, el cual fue de 23.2 m en los tratamientos GLEPLA30 y ACRPLA05. En general en plantaciones puras se obtiene mayores alturas totales que en fajas de enriquecimiento. También en Brasil para el caso de *C. catenaeformis*, se halló que en líneas de enriquecimiento se presentó un 26 % menos de altura que en campo abierto (Bleijendaal citado por CONIF 1986).

C. catenaeformis registró en plantaciones puras un IMAALT de 1.42 m/año, que se puede considerar alto si se compara con los hallados en fajas de enriquecimiento, cuyo máximo valor fue de 1.23 m/año en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho).

En las plantaciones puras, la especie con mayor altura dominante fue *C. catenaeformis* (30.78 m), con un resultado superior al obtenido en fajas de enriquecimiento, cuyo mayor valor fue de 26.50 m en el tratamiento ACRPLA30 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho).

Con relación al área basal y el volumen, en plantaciones puras se obtuvo mayores valores que en fajas de enriquecimiento debido a la mayor densidad de la plantación.

En el caso de *Amburana cearensis* la altura dominante obtenida en plantaciones puras fue de 16.4 m, que también superior a las de las fajas de enriquecimiento cuyo más alto valor fue de 15.7 m en el tratamiento GLEPLA30 (Suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho). Sin embargo la altura promedio en plantaciones puras (12.2 cm) fue menor al obtenido en fajas de enriquecimiento, básicamente los tratamientos GLEOND05 (Suelo gleysol-fisiografía ondulada-faja de 5 m de ancho) y GLEPLA30 (Suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 14.6 cm y 13.5 cm respectivamente.

4.5 Relación altura-diámetro

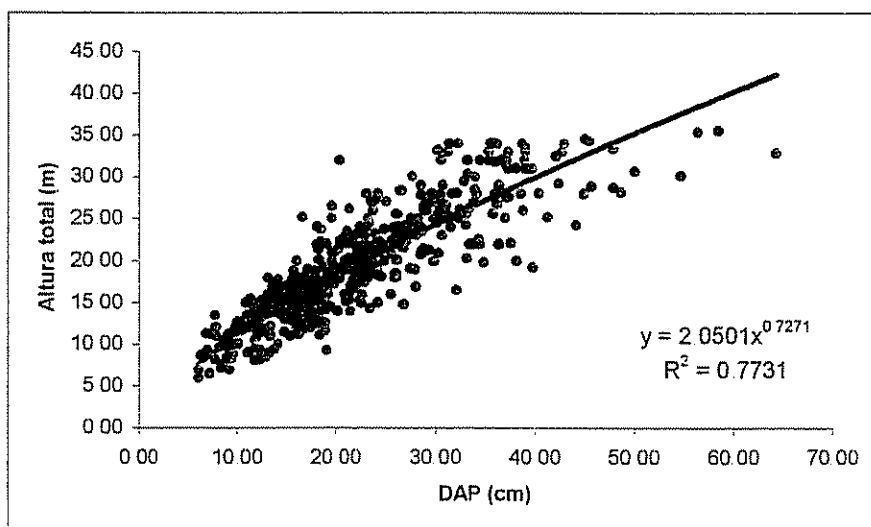
La capacidad de predecir el crecimiento de las especies forestales es de gran importancia para el planeamiento de la plantación, pero sin embargo existe poca información con respecto a las especies forestales nativas de la Amazonia peruana. Los manejadores de bosques entonces se enfrentan a dos opciones: establecer parcelas de investigación e iniciar estudios de crecimiento y rendimiento o utilizar datos de crecimiento de otras especies similares bajo parecidas condiciones de sitio. Obviamente ambas opciones tienen enormes limitaciones que pueden hacerlas inviables.

En tal sentido, como producto de este trabajo de investigación, se elaboró curvas de relación altura-diámetro y se obtuvieron ecuaciones matemáticas preliminares en base a los datos de las plantaciones de 20 años del Bosque Alexander von Humboldt.

Las ecuaciones se obtuvieron utilizando los programas SAS y los gráficos con el programa Sigma Plot 2001. A continuación se muestran los gráficos y las ecuaciones obtenidas, pero en el caso de *C. catenaeformis* y *A. cearensis* en fajas de enriquecimiento solo se muestran los resultados globales, es decir empleando los datos de todos los tratamientos. Es necesario enfatizar que los resultados obtenidos solo son válidos para las especies mencionadas, en las condiciones de sitio similares, en el rango de DAP y edad señalado. También debe indicarse que asumiendo que se cumplan todas las condiciones mencionadas anteriormente, la intensidad y calidad de las intervenciones silviculturales también afectará el comportamiento individual y colectivo de los árboles de una plantación y por lo tanto las ecuaciones mencionadas pueden no ser válidas.

Con respecto a las curvas mostradas en las siguientes figuras es importante destacar varios aspectos. Uno de ellos es la gran diferencia en altura entre individuos para una misma clase diamétrica, lo cual se debería a las siguientes razones: a) pérdida total o parcial de la copa por causas naturales; b) variaciones del micrositio y c) nivel de competencia intra e interespecífica a la que se vió sometida el individuo.

Figura 26 – Relación altura – DAP de árboles individuales de *Cedrelinga catenaeformis* en fajas de enriquecimiento para los 9 tratamientos. Plantaciones de 19-20 años en el Bosque A. von Humboldt, Perú.



Estas diferencias entre las alturas de los individuos es particularmente notoria en *C. catenaeformis* y *A. cearensis* en plantaciones puras (Figuras 30 y 28 respectivamente)

Figura 27 – Relación altura –DAP de *Amburana cearensis* en fajas de enriquecimiento para los 11 tratamientos Plantaciones de 19-20 años en el Bosque A. von Humboldt, Perú

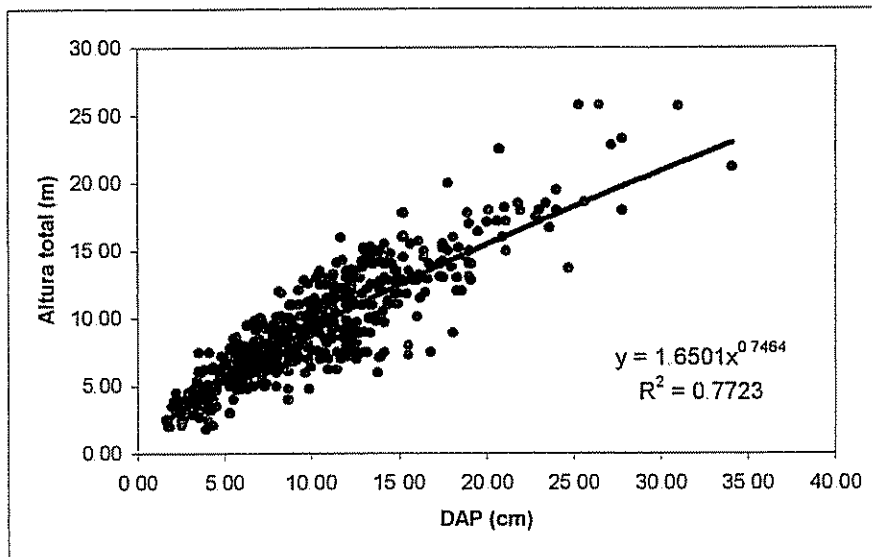


Figura 28 – Relación altura –DAP de *Amburana cearensis* en plantación pura de 20 años en el Bosque A. von Humboldt, Perú

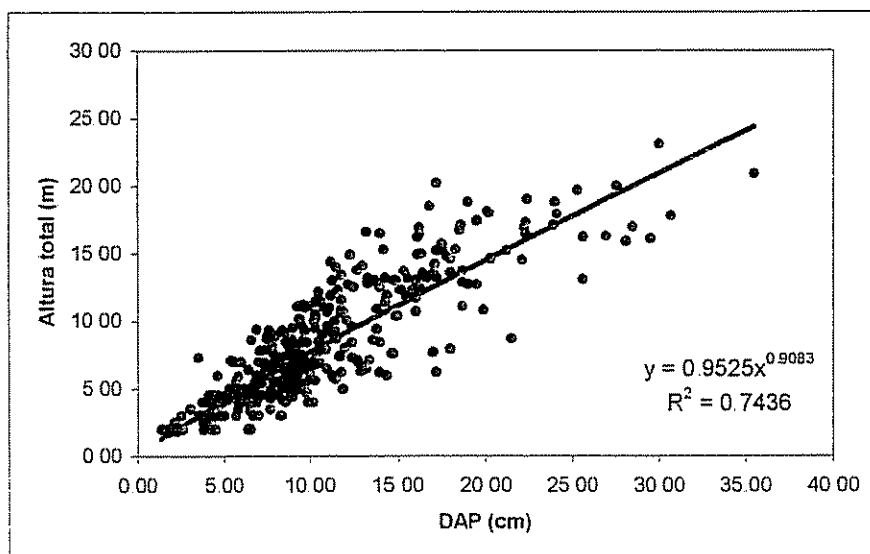


Figura 29 – Relación altura –DAP de *Aspidosperma macrocarpon* en plantación pura de 20 años en el Bosque A von Humboldt, Perú

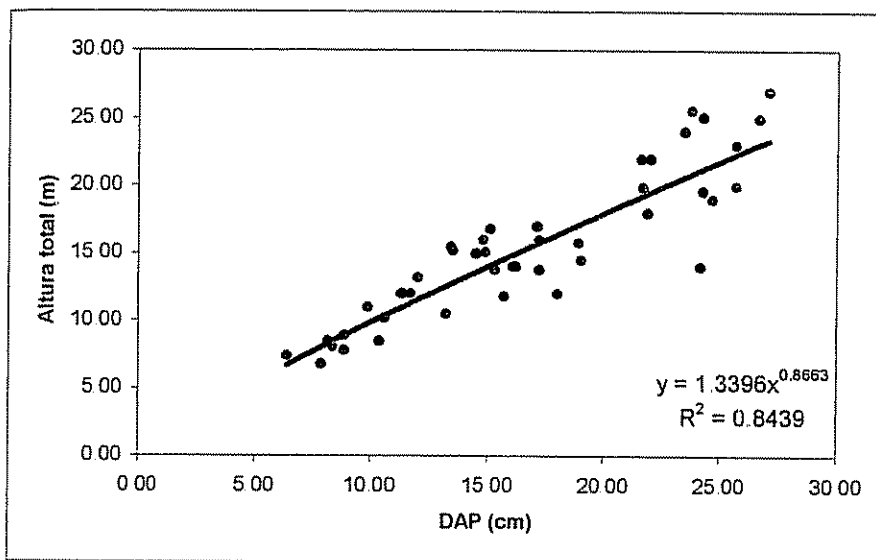


Figura 30 – Relación altura –DAP de *Cedrelinga catenaeformis* en plantación pura de 20 años en el Bosque A von Humboldt, Perú

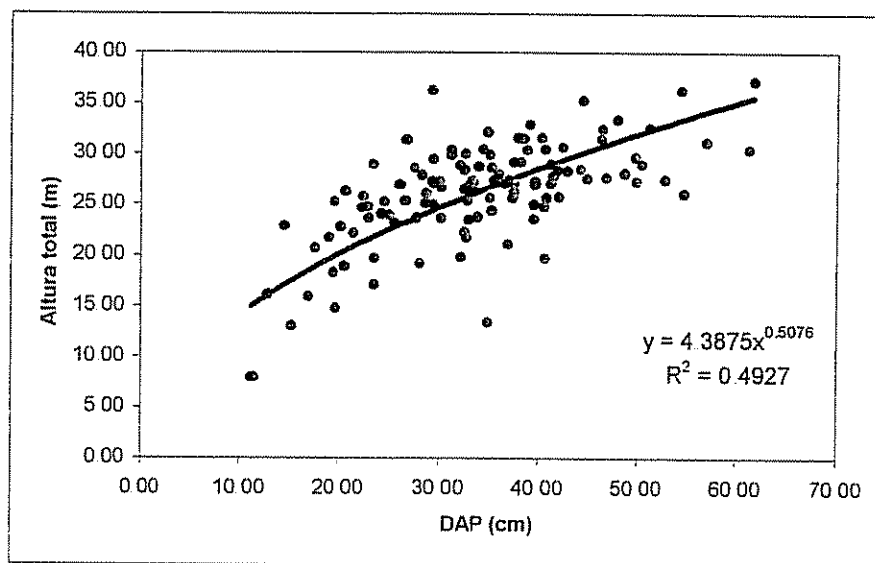


Figura 31 – Relación altura –DAP de *Copaifera reticulata* en plantación pura de 20 años en el Bosque A. von Humboldt, Perú

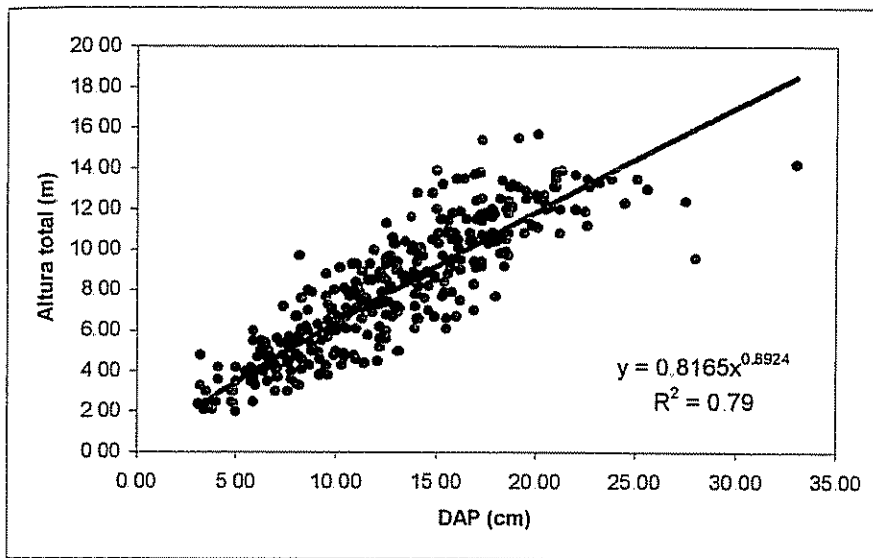


Figura 32 – Relación altura –DAP de *Simarouba amara* en plantación pura de 20 años en el Bosque A. von Humboldt, Perú

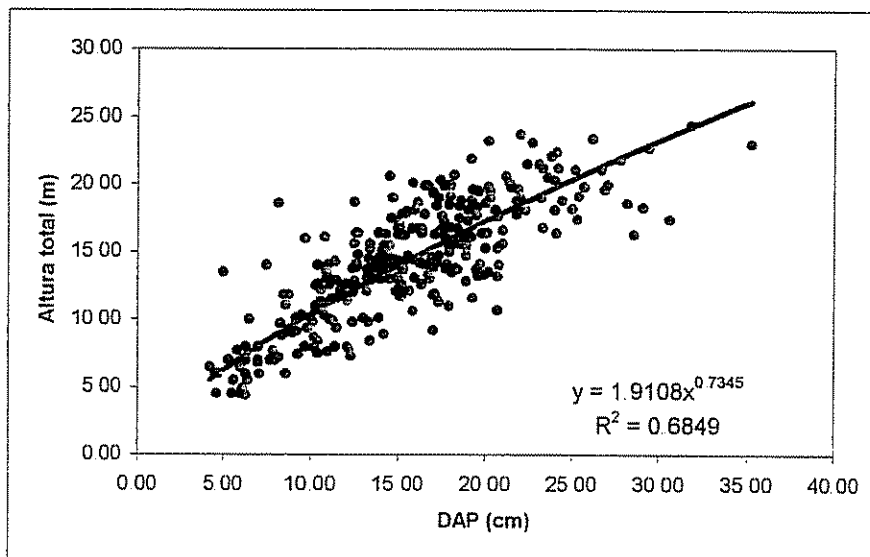
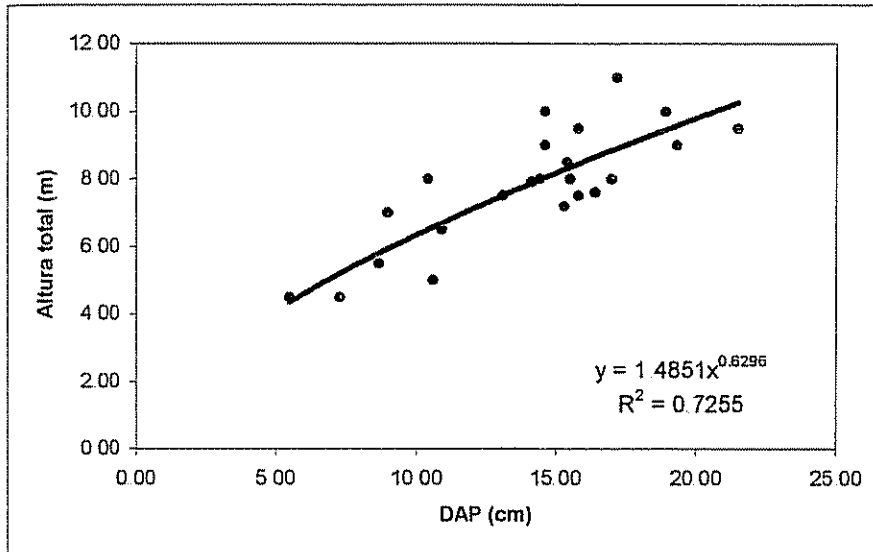


Figura 33 – Relación altura –DAP de *Swietenia macrophylla* en plantación pura de 20 años en el Bosque A von Humboldt, Perú



Si un manejador de plantaciones desea adoptar algunas de las funciones aquí descritas, es fuertemente recomendable que ellas sean validadas con datos locales disponibles

5. CONCLUSIONES

5.1 Plantaciones puras

- En plantaciones puras a la edad de 20 años *Cedrelinga catenaeformis* obtuvo el mejor crecimiento con 35.8 cm de DAP, 1.96 cm/año de IMADAP, 26.42 m de altura total, 1.42 m/año de IMAALT, 30.8 m de altura dominante, 10.3 m de altura comercial; 30.4 m²/ha de área basal y 380 m³/ha de volumen. Estadísticamente estos valores fueron significativamente superiores a los de las otras especies ensayadas. Estos resultados también fueron superiores a los obtenidos en las plantaciones en fajas de enriquecimiento. Considerando estos resultados, esta especie puede situarse entre las más promisorias para plantaciones puras.
- El máximo porcentaje de árboles actuales lo alcanzan las especies *A. cearensis* y *C. reticulata* con 79 % y 76 % respectivamente, mientras que *C. catenaeformis* no sobrepasa del 30 %, básicamente debido al raleo al que fue sometido esta plantación.
- *S. amara* y *C. catenaeformis* mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo esta característica el 66 % del total de individuos. La mayor presencia de defectos del fuste se presentó en *A. cearensis* debido a características intrínsecas de esta especie. Respecto al estado fitosanitario, el 100 % de los individuos de *C. catenaeformis* son clasificados como vigorosos, es decir no presentan señales de plagas ni enfermedades.
- En relación a la posición de la copa, el 44.25 % de individuos de *C. catenaeformis* y el 43.4 % de *S. amara* muestran una copa completamente libre. En relación a la forma de la copa, *C. catenaeformis* posee el 60.9 % de sus árboles con copa perfecta o buena.
- Los mejores promedios para área basal por hectárea se presentaron para *C. catenaeformis* y *S. amara*; es significativo el alto promedio de la primera especie (30.4 m²/ha) por cuanto este registro corresponde a un promedio de 309 árboles/ha.
- El mayor volumen maderable fue de 380.2 m³/ha para *C. catenaeformis* aunque a nivel de parcelas experimentales hubo una variabilidad en el rendimiento, la cual puede ser atribuida a la densidad de individuos existentes y a la capacidad productiva del sitio. A pesar de esta variación atribuida al micrositio, esta especie muestra una productividad muy superior a la de las otras especies en este experimento, ya que solo *S. amara* con 120.8 m³/ha muestra volúmenes maderables significativos.

5.2 Plantación de *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) en fajas de enriquecimiento

- El tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho) muestra los mejores resultados en DAP (30.7 cm), IMADAP (1.6 cm/año), altura total (23.2 m) y 1.1 m/año de IMAALT. Estos resultados son significativamente diferentes al resto de tratamientos. En cuanto a altura dominante, el mayor valor se obtuvo en el tratamiento ACRPLA30 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 26.4 m
- El tratamiento ACRPLA30 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) muestra los mejores resultados en productividad con 23.8 m²/ha de área basal y 226.9 m³/ha de volumen, sin embargo debe enfatizarse que estos resultados están influenciados por la densidad de la plantación, calculada en 560 individuos por ha
- Existe evidencia estadística (P 0.05) de que el tipo de suelo y la fisiografía del terreno influye sobre el DAP de *C. catenaeformis* en fajas de enriquecimiento pero no se hallaron diferencias significativas en altura total entre los distintos tipos de suelo y posiciones fisiográficas. Tampoco hay evidencia de la influencia de la fisiografía sobre el IMADAP.
- El mayor porcentaje de árboles existentes corresponde al tratamiento ACRPLA10 (Suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 10 m de ancho) con 73 %. Los menores porcentajes de supervivencia se hallan en los tratamientos en suelo cambisol.
- En relación a la forma del fuste, los tratamientos GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) y CAMCOL10 (suelo cambisol-fisiografía colinosa-faja de 10 m de ancho) mantienen los mejores fustes, rectos y cilíndricos, teniendo estas características el 100 % de sus individuos. Se concluye que esta especie presenta pocos problemas de forma, al ser establecida en fajas de enriquecimiento
- Es predominante la presencia de árboles vigorosos de *C. catenaeformis* en todos los tratamientos, mientras que los individuos con algún daño en el fuste no pasa en ningún caso del 10 %
- En relación con la posición de la copa, el mejor resultado se presenta en el tratamiento ACRPLA05 (suelo acrisol-fisiografía plana-faja de 5 m de ancho) que posee el 62.2 % de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior; seguido por el tratamiento

GLEPLA30 (Suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con el 60.5 %. Estos dos tratamientos también muestran un excelente crecimiento en diámetro y altura

- Los resultados de la prueba Ji-cuadrada indican que existe evidencia de que la frecuencia de las categorías de posición y forma de copa de los árboles depende del tratamiento empleado.

5.3 Plantación de *Amburana cearensis* (Allemao) A. C. Smith en fajas de enriquecimiento

- El mejor resultado en DAP promedio se presentó en el tratamiento GLEOND05 (suelo gleysol-fisiografía ondulada-faja de 5 m de ancho) con 14.6 cm de diámetro, mientras que la mayor altura total promedio se obtuvo en el tratamiento GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 10.7 m y un IMAALT de 0.5 m/año. La mayor altura dominante está en el tratamiento GLEPLA30 (15.7 m). Considerando la edad de la plantación (19-20 años), los resultados muestran que *A. cearensis* es una especie de mediano a lento crecimiento
- La altura comercial muestra bajos valores en todos los tratamientos obteniéndose el mayor valor en GLEPLA30 (suelo gleysol-fisiografía plana-faja de 30 m de ancho) con 7.1 m, lo cual se debe principalmente a la arquitectura poco favorable de los árboles de esta especie
- Se obtuvo evidencia estadística de que el tipo de suelo influye significativamente sobre el DAP y altura total *A. cearensis* en plantaciones en fajas de enriquecimiento obtiene mejores resultados en DAP y altura total en suelos gleysol
- Con respecto a la fisiografía del terreno no hay evidencia estadística de su influencia sobre el DAP o la altura total de *A. cearensis* en plantaciones en fajas. En cambio el sistema de plantación sí muestra una influencia sobre el DAP.
- Los mejores resultados en altura dominante se hallan en suelo gleysol.
- Todos los tratamientos, a excepción de GLEPLA30, presentaron fustes sinuosos en más del 20 % de sus individuos, especialmente en ACRPLA30 con 44.4 % de sus individuos con sinuosidad. El porcentaje de árboles inclinados es notorio en todos los tratamientos, con la excepción de CAMOND05, que no presenta ningún individuo con esta característica

- Con respecto al estado fitosanitario de los árboles, existe en general, un predominio de individuos sanos. Solo en caso de los tratamientos ACRPLA10 y ACRPLA30 existe un porcentaje mayor de 25 % con algún tipo de daño en las ramas
- El mejor resultado en posición de copa se presenta en el tratamiento GLEOND05 que posee el 40% de sus individuos en las categorías emergente y dosel superior. En relación a la forma de la copa GLEOND05 muestra la mejor arquitectura, con 24 % de individuos con copa perfecta y 17 % con copa buena, mientras que ACRPLA10 posee el 35 % de sus individuos con copa de forma muy pobre, lo cual es consistente con el hecho de tener la mas baja altura promedio (7.3 m) del experimento
- El mejor resultado en productividad se presentó en el tratamiento GLEPLA30 con 5.62 m²/ ha de área basal y 39.30 m³/ ha de volumen. Los resultados de productividad en términos de volumen están afectados por el número de individuos actuales por hectárea.

5.4 Conclusiones generales sobre el sistema de fajas de enriquecimiento.

- El sistema de plantación en fajas de enriquecimiento es una forma de regeneración artificial de bosques que básicamente persigue establecer una masa de árboles en líneas espaciadas a intervalos iguales o algo mayores que el diámetro de copa estimado para el producto final con el objetivo de incrementar la proporción de árboles valiosos en un bosque explotado, degradado o bosque secundario. El sistema en fajas de enriquecimiento ha sido ensayado en gran parte de los bosques tropicales desde inicios del siglo XX. La experiencia ha reportado éxitos y fracasos en el empleo de este sistema
- El sistema tiene grandes posibilidades de cumplir los objetivos económicos y ecológicos de su establecimiento si se emplea bajo ciertas condiciones silviculturales enunciadas desde mediados del siglo pasado por autores como Dawkins, Lamb, Catinot y Aubreville en base a experiencias en África, Asia y en menor grado en América Tropical
- Uno de los requisitos básicos para el éxito de este sistema es el empleo de especies adecuadas, básicamente especies con una alta velocidad de crecimiento en altura y con alto valor económico. *Cedrelinga catenaeformis* cumple satisfactoriamente estos requisitos. Es una madera de alto valor económico, muy apreciada tanto por la industria maderera como por el poblador rural y cuya demanda muestra una tendencia creciente según diversos estudios

- Con respecto a los ensayos con esta especie en el Bosque Von Humboldt, a pesar de no haber recibido el manejo conveniente, se determinó que esta especie tiene un enorme potencial, por su alto crecimiento en altura y diámetro (superior a 1.5 m/ año y 1.5 cm/ año respectivamente), por su calidad fitosanitaria (sin plagas forestales reconocidas), por su excelente forma de fuste y copa, y por su posibilidad de rendir un alto volumen por unidad de área comparable a otras especies como *Eucalyptus* o *Pinus*.
- Es necesario mas investigación para el caso de *Amburana cearensis*, la mayor parte del fracaso de esta especie en los ensayos del Bosque Von Humboldt se deben a su alta susceptibilidad a la falta de manejo y de mantenimiento. El gran desarrollo de algunos individuos señalan que esta especie puede adaptarse muy bien a las condiciones de sitio y ser económicamente productiva.

6. RECOMENDACIONES

- Debido a que los resultados preliminares de crecimiento de *Cedrelinga catenaeformis* son bastante satisfactorios, se recomienda priorizar esta especie en actividades de repoblamiento forestal en la Región Amazónica del Perú, principalmente en suelos de tipo acrisol y zonas con buen drenaje.
- Aunque los experimentos llevados a cabo con *C. catenaeformis* en general han mostrado buenos resultados, la decisión sobre establecer esta especie en plantaciones puras o en fajas de enriquecimiento debe basarse tanto en consideraciones ecológicas como económicas. Es necesario enfatizar este último aspecto ya que aún no se posee la información económica precisa, referente a los costos y rendimientos, para analizar los aspectos financieros de la producción.
- Los resultados obtenidos muestran que el material de *C. catenaeformis* procedente del Bosque Nacional A. von Humboldt es generalmente superior y resistente a plagas y enfermedades.
- Ante la evidencia de que los árboles de *A. cearensis* son generalmente de mala forma y lento crecimiento, se considera que la especie tiene potencial limitado para su uso en plantaciones puras y en fajas de enriquecimiento.
- Los resultados con *Cedrelinga catenaeformis* y *Amburana cearensis* en el Bosque Nacional A. von Humboldt son preliminares por lo que debe continuarse el seguimiento del ensayo.
- Debe evaluarse las propiedades tecnológicas de la madera de *Cedrelinga catenaeformis* procedente de las plantaciones de Von Humboldt y determinar la factibilidad de su utilización a la edad de 20 años.

7. BIBLIOGRAFIA

- 1 **Abreu, R; Silva, K da.** 2000 Resistencia natural de dez especies madeiras da Amazonia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* e *N. surinamensis*. Revista Arvore 24(2):229-234
- 2 **Alencar, JC; Araujo, VC** 1980 Comportamento de especies florestais amazônicas quanto a luminosidade Acta Amazonica 10 (3):435-444
- 3 **Angelo, H; Brasil; Santos, J dos.** 2001. Madeiras tropicais: analise econômica das principais espécies florestais exportadas. Acta Amazonica 31 (2):237-248
- 4 **Angulo, W.** 1995 Experiencias silviculturales para el establecimiento de regeneración artificial en el Bosque del Campo Experimental Alexander Von Humboldt INIA-Estación Experimental Pucallpa Tesis Ing Forestal Iquitos, PE Universidad Nacional de la Amazonia Peruana 94p.
- 5 **Angulo, W.** 1996 Comportamiento silvicultural del pumaquiro *Aspidosperma macrocarpon* en plantaciones establecidas en el Bosque Nacional von Humboldt Instituto Nacional de Investigación Agraria Lima PE 25 p
- 6 **APODESA.** 1987 Avances de la silvicultura en la Amazonia peruana. Instituto Nacional de Desarrollo, Apoyo a la política de desarrollo regional. Lima PE (Documento de Trabajo N° 11)
- 7 **ARP** 2002 Areas realmente protegidas Consultado 10 de octubre 2002. Disponible en http://www.areasprotegidas.org/peru_sector_forestal.php
- 8 **Ashton, PMS; Gamage, S; Gunatilleke, IAUN; Gunatilleke, CVS.** 1998 Using Caribbean pine to establish a mixed plantation: testing effects of pine canopy removal on plantings of rain forest tree species. Forest Ecology and Management (106)2-3: 211-222
- 9 **Aubreville, A.** 1953 L'experience de l'enrichissement par layons en Côte D'Ivoire Bois et Forêt des Tropiques n°29 · 3-9

10. **Baluart V, J.** 1999 Experiencias silviculturales en Jenaro Herrera: mantenimiento y manejo de especies forestales promisorias *In* Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE) Memorias s p.

11. **Blaser, J; Clausi, A; Diaz, M.** 1985 Crecimiento de *Cedrelinga catenaeformis* en plantación. El Chasqui n° 9/10: 20-22

12. **Boerboom, J; de Graaf, NR.** 1992. Forest plantation establishment in the tropics and subtropics. Department of Forestry, Agricultural University Wageningen. Wageningen, NL. 105 p.

13. **Botosso, PC; Vetter, RE.** 1991 Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 especies arboreas tropicais de floresta de terra firme (Amazonia). Revista do Instituto Florestal 3 (2): 163-180

14. **Browder, JO; Pedlowski, MA.** 2000. Agroforestry performance on small farms in Amazonia: findings from Rondonia pilot project *Agroforestry Systems* 49(1):63-83

15. **Budowski, G.** 1956 Sistemas de regeneración de los bosques de bajura en la América tropical. *Caribbean Forester* 17 (3-4): 53-75

16. **Burgos, JA.** 1954 Un estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María, Perú *The Caribbean Forester* 15(1/2): 11-53

17. **Camacho, M.** 2000 Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza 52p (Serie técnica Manual Técnico/ CATIE n° 42).

18. **Carrera G, F.** 1987 Experiencias y resultados de las plantaciones forestales en la Zona Forestal Alexander Von Humbolt Pucallpa, Perú Estación Experimental Pucallpa 79p (Documento de Trabajo N°5 INFOR-COTESU)

19. **Carvalho, PE.** 1994 Especies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira EMBRAPA. Brasilia, BR. 639 p

20. **Castillo, A; Carrera, F; Maruyama, E.** 1987. Experiencias y resultados de la reforestación en Von Humboldt *In* Avances de la silvicultura en la Amazonia peruana (1987, Lima, PE) Proyecto Apoyo a la Política de Desarrollo de Selva Alta p. 184-225.
21. **Caycedo A, H.** 1988. Evaluación preliminar del crecimiento de 20 especies maderables en la Región de Lloro-Carretera Panamericana, Chocó, Colombia Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal Bogotá, Colombia 31p (Serie Técnica N° 29)
22. **Clausi, A; Marmillod, D; Blaser, J.** 1992. Descripción silvicultural de las plantaciones forestales de Jenaro Herrera Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana Centro de Investigaciones Jenaro Herrera Iquitos, PE. 334 p
23. **CONIF.** 1986. Resultados del comportamiento de especies forestales plantadas en líneas de enriquecimiento en Bajo Calima, San José de Guaviere y Tumaco, Colombia. 33 p. (Serie Técnica N° 19 CONIF)
24. **Cornelius, JP.** 2001. The effectiveness of pruning in mitigating *Hypsipyla grandella* attack on young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) trees, *Forest Ecology and Management* 148 (1-3): 287-289
25. **Cruz, D de la.** 1999. La agroforestería en el ámbito del Comité de Reforestación del Huallaga Central-Tingo María *In* Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE). Memorias. s.p
26. **Dawkins, H.C.** 1958. The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Oxford, UK. Imperial For. Inst., Univ. Oxford 155 p.
27. **D'Oliveira, MVN.** 2000. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil, *Forest Ecology and Management* 127 (1-3): 67-76.
28. **Evans, J.** 1992. *Plantation Forestry in the Tropics* Claredon Press- Oxford. Published in the United States by Oxford University Press, New York 403 p.
29. **Freese, F.** 1978. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. Servicio Forestal- USDA Madison, US 102 p.

- 30 **Galván, O.** 1996. Análisis comparativo de crecimiento de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Amburana cearensis* en fajas de enriquecimiento y viales de extracción. Tesis Ing Forestal Lima, PE Universidad Nacional Agraria La Molina 72 p.
- 31 **Galloway, G; Ugalde, L; Vasquez, W.** 2001. Importance of density reductions in tropical plantations: experiences in Central America. *Forests, Trees and Livelihoods* 11: 217-232
- 32 **Gutiérrez, H.** 1999. Experiencias silviculturales y modalidad de ejecución del proyecto INRENA-ITTO PD 9/95. *In Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE). Memorias*
- 33 **Hostettler, M.** 1990. Inventario de las reforestaciones en el ámbito de influencia de Pucallpa. Proyecto de capacitación, extensión y divulgación forestal. Pucallpa, PE (Temas Forestales N° 5)
- 34 **INIA.** 1999. Maderas del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima PE sp
- 35 **INIAA-JICA.** 1991. Manual silvicultural. Informe final del Proyecto Estudio Conjunto sobre Investigación y Experimentación en Regeneración de Bosques en la Región Amazónica de la República del Perú. Japón. 260 p
- 36 **INFOR-JICA.** 1985. Proyecto de estudio conjunto sobre investigación y experimentación en regeneración de bosques en la zona amazónica de la República del Perú. CENFOR XII. Pucallpa, PE 38 p
- 37 **INRENA-OIMI.** 1995. El mercado de madera de Pucallpa en setiembre de 1995. Pucallpa, PE. 22p (Boletín Informativo n° 5)
- 38 **Kanashiro, M; Yared, J** 1991. Experiencias com plantios florestais na Bacia Amazónica. *In Desafio das florestas neotropicais*. Curitiba, BR P 117-137
- 39 **Labarta, R; Weber, J.** 1998. Valorización económica de bienes tangibles de cinco especies arbóreas agroforestales de la Cuenca Amazónica Peruana. *Revista Forestal Centroamericana* 7 (23): 12-21

40. **Lamb, A.** 1969 Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. The Commonwealth Forestry Review 48 (1): 41-53
41. **Lamprecht, H.** 1990. Silvicultura en los Trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento. GTZ Eschborn, DE 335 p
42. **López C, R.** 1981 Estudio silvicultural del tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) Revista Forestal del Perú 10: 1985- 191.
43. **Loureiro, A; Da Silva, M; Alencar, J.** 1979 Esencias madeireiras da Amazonia Instituto Nacional da Pesquisas da Amazonia. Manaus, BR 2 v. 246p.
44. **MSB** (Missouri Botanical Garden); **HNB** (Herbario Nacional de Bolivia) 1993. Guía de árboles de Bolivia Eds. T Killen, E García, S Beck La Paz, BO. 958 p.
45. **Magalhaes, L.; Blum; WE.** 1984. Nodulação e crescimento de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke en plantios experimentais na Região de Manaus, Amazonia. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 19: 159-164
46. **Martinez H, H.; Rodríguez M, G.** 1987 Comportamiento de 21 especies forestales en San José de Guaviare, Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Bogotá, Colombia 31p (Serie Técnica N° 26)
47. **Maruyama, E.** 1987 Manejo de regeneración natural de tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) en la Zona Forestal Alexander Von Humboldt Pucallpa, Perú. Estación Experimental Pucallpa 39p. (Documento de Trabajo N°3 INFOR-COTESU)
48. **Masson, J.; Ricse, A.** 1977 Plantaciones de enriquecimiento en el Bosque Nacional Alexander Von Humboldt PNUD/FAO/PER/71/551. Unidad de Silvicultura y Manejo. Documento de Trabajo n° 11 21 p
49. **Mayhew, JE; Newton, AC.** 1998 The silviculture of mahogany University of Edinburgh CABI Publishing Wallinford UK. 226 p

- 50 **MINAG.** 1998. Repoblación forestal con especies tropicales valiosas en sistemas agroforestales en la provincia de Tambopata. Ministerio de Agricultura – Instituto Nacional de Recursos Naturales – Proyecto ITTO PD 9/95 Boletín El Castaño N° 3 Puerto Maldonado, PE
- 51 **Miranda, EM; Valentim, JF.** 2000. Dezenpenho de doze especies arboreas nativas e introduzidas com potencial de uso multiplo no Estado de Acre, Brasil. Acta Amazonica 30(3):471-480.
- 52 **Mostacedo, B; Justiniano, J; Toledo, M; Fredericksen, T.** 2001. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia Santa Cruz, BO Proyecto BOLFOR. 215p.
- 53 **New York Botanical Garden.** 2002. Neotropical Flora and Mycota Catalog Homepage (en línea) New York, US. Consultado 2 may 2002. Disponible en <http://www.nvbg.org/bsci/hcol/netr/>
- 54 **Pierront, KM** 1994?. Enrichment planting: a literature review and brief proposal In: partial completion of the requirements for the degree of Master of Forest Resources and Conservation Gainesville, University of Florida.
- 55 **Prebble, C.** 1997. Plantaciones forestales: Un camino en perspectivas Actualidad Forestal Tropical 5(2): 1
- 56 **Reis, M.** 1997. Plantaciones forestales industriales en los trópicos de América Latina Actualidad Forestal Tropical 5(2): 8-9
- 57 **Revoredo, N.** 1999. Evaluación de plantaciones forestales “Barbara D’Achille” y “El Paraiso” en la Carretera Iquitos-Nauta, Perú In Reunión Técnica Experiencias Silviculturales y Agroforestales en la Amazonia (1999, Puerto Maldonado, PE) Memorias.
- 58 **Sánchez, P; Benites, J.** 1983. Opciones tecnológicas para el manejo racional de suelos en la selva peruana CIPA XVI- Estación Experimental Yurimaguas Yurimaguas, PE. 68 p (Serie Separatas N° 6)
- 59 **SAS Institute Inc.** 1989. SAS/STAT User’s guide, Release 6.03 Edition SAS Institute Inc. Cary, NC, USA 1028 p

- 60 **Schulze, P; Leighton, M; Peart, D.** 1994 Enrichment planting in selectively logged rain forest: A combined ecological and economic analysis *Ecological Applications*, Vol. 4 (3): 581 – 592.
- 61 **Schwyzler, A.** 1981 El tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera. Iquitos, PE 34 p (Boletín Técnico n° 15)
- 62 **Soudre, M; Carbajal, Y; Kobayashi, S; Sabogal, C.** 2001. Adaptability of six native forest tree species to degraded lands in Pucallpa, Peruvian Amazon *In Rehabilitation of Degraded Tropical Forest Ecosystem* (1999, Bogor, ID) Workshop Proceedings Bogor, ID p. 123-128
- 63 **Steel, R; Torrie JH.** 1980. Bioestadística: Principios y procedimientos McGraw-Hill México, ME 622p
- 64 **Synnot, TJ.** 1979 A manual of permanent plot procedures for tropical rainforest *Tropical Forestry Papers*, CFI, University of Oxford UK. 67p
- 65 **Ugalde, L.** 2000. El sistema MIRA, Componente de Silvicultura. Manual del usuario CATIE, Turrialba, Costa Rica 82 p
- 66 **Vega, L.** 1976 Plantaciones de enriquecimiento en Surinam con especial referencia para Mapane Curso Intensivo Manejo y Aprovechamiento de Bosques Tropicales (1976, Turrialba, CR) pv
- 67 **Vidaurre, H.** 1990 Diseminación de semillas de “tornillo” *Cedrelinga catenaeformis* Ducke Pucallpa, PE, Estación Experimental Pucallpa 43p (Temas Forestales n° 4)
- 68 **Vidaurre, H.** 1994. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Mimosoideae) en la Región de Pucallpa, Amazonia Peruana. Tesis Mg Sc Turrialba, CR CATIE 111p
- 69 **Wadsworth, FH.** 2000. Producción forestal para América Tropical US Department of Agriculture, Forest Service Washington, DC; US 563p (Agriculture Handbook N° 710)

- 70 **Weaver, PL.** 1987 Enrichment plantings in Tropical America *In* Conference Management of the Forest of Tropical America: prospects and technologies (1986, San Juan, PR) Proceedings. p. 259-178
- 71 **Whitmore, J; Mueller, P; Raidan, G; Brune, A.** 1990 Técnicas de conservación genética: el caso de *Amburana cearensis*, una especie muy útil, en peligro de extinción IUFRO En: Actas de Reunión Manejo y Aprovechamiento de Plantaciones Forestales con Especies de Uso Múltiple Turrialba, CR p.269-278.
- 72 **Woodward, CL.** 1996 Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth in Amazonian Ecuador. *Forest Ecology and Management*, Vol. 82 (1-3): 197-209.
- 73 **Yamazaki, S; Ikeda, T; Taketani, A; Pacheco, CV; Sato, T.** 1992 Attack by the mahogany shoot borer *Hypsipyla grandella* Zeller on the Meliaceous trees in the Peruvian Amazon. *Applied Entomological Zoology* 27(1): 31-38

ANEXOS

Anexo 1. Especies forestales ensayadas en la Estación Experimental Alexander Von Humboldt, Ucayali

Nombre común	Nombre científico	Familia	PF	PD	RN
Acacia	NN	Mimosaceae		X	
Achiote caspi	<i>Bixa platycarpa</i>	Bixaceae		X	
Aguano masha	<i>Huberodendron swietenoides</i>	Bombacaceae	X		
Amasisa	<i>Erythrina ulei</i>	Fabaceae			X
Anis moena	NN	Lauraceae		X	
Añallo caspi	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	X	X	
Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Caesalpinaceae	X	X	
Bolaina blanca	<i>Guazuma crinita</i>	Sterculiaceae	X	X	
Bolaina negra	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	X	X	
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	X	X	X
Cedro blanco	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae		X	X
Cedro colorado	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	X	X	X
Copaiba	<i>Copaifera officinalis</i>	Caesalpinaceae	X	X	X
Cumala negra	<i>Virola flexuosa</i>	Myristicaceae	X		X
Estoraque	<i>Myroxylon balsamum</i>	Fabaceae		X	X
Goma huayo p.	<i>Parkia oppositifolia</i>	Mimosaceae	X	X	
Huayruro color.	<i>Ormosia schunkei</i>	Fabaceae		X	X
Huayruro rojo	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Fabaceae		X	X
Huimba blanca	<i>Chorisia insignis</i>	Bombacaceae		X	X
Huimba negra	<i>Ceiba samauna</i>	Bombacaceae	X	X	
Ishpingo	<i>Amburana cearensis</i>	Fabaceae	X	X	X
Lagarto caspi	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Guttiferae	X		X
Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	X	X	
Maquisapa fiac	<i>Apeiba tiborbou</i>	Tiliaceae		X	
Marupa	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	X	X	
Mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae		X	X
Moena negra	<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae			X
Palosangre bl	<i>Pterocarpus amazonum</i>	Fabaceae	X	X	X
Palosangre am.	<i>Swartzia poliphylla</i>	Caesalpinaceae	X	X	
Palta moena	NN	Lauraceae		X	
Pashaco	NN	NN			X
Pino regional	<i>Alseis peruviana</i>	Rubiaceae		X	X
Pumaquiro	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Apocynaceae	X	X	X
Quillobordon amarillo	<i>Aspidosperma vargasii</i>	Apocynaceae	X		
Quillobordon colorado	<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae	X		
Quinilla colorada	<i>Manilkara bidentata</i>	Sapotaceae	X	X	
Tahuarí amarilla	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	X	X	X
Tahuarí negro	<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae	X	X	
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Mimosaceae	X	X	X
Ubos	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	X	X	X
Vilco pashaco	<i>Parkia</i> sp.	Mimosaceae	X	X	
Yacushapana amarilla	<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	X		
Yacushapana negra	<i>Terminalia amazonia</i>	Combretaceae	X		

PF = Plantación en fajas.

PD = Plantación demostrativa (a campo abierto).

RN = Regeneración natural (Especie única o mixta)

NN = No identificado

ANEXO 2 – Cálculo del tamaño de muestra para las unidades experimentales.

Para determinar el tamaño muestral de los individuos a evaluar, debemos considerar que en el presente trabajo se estimaron parámetros es decir se pretende hacer inferencias a valores poblacionales (medias) a partir de una muestra.

Para estimar una media: debemos saber:

- El nivel de confianza o seguridad ($1 - \alpha$) El nivel de confianza prefijado da lugar a un coeficiente (Z_{α}) Para una seguridad del 95% = 1.96; para una seguridad del 99% = 2.58.
- La precisión con que se desea estimar el parámetro ($2 \cdot d$ es la amplitud del intervalo de confianza).
- Una idea de la varianza S^2 de la distribución de la variable cuantitativa que se supone existe en la población.

Para considerar el tamaño muestral se va a considerar los siguientes valores obtenidos a través de revisión de literatura y por experiencia personal sobre los d.a.p de los individuos de *Cedrelinga catenaeformis* de 12 años de edad.

Nivel de confianza : 95 % (Error de 5 %)

Precisión: ± 2 cm

Varianza : 9 cm

$$n = (1.96)^2 * (9)^2 / (2)^2 = 77.92$$

Por antecedentes previos se sabe que la mortalidad promedio de las plantaciones fue de 20 % al 2 año, por lo que es necesario hacer un ajuste al tamaño muestral aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Muestreo ajustado a las pérdidas} = n (1 / 1 - R)$$

Donde R = 20 %

$$\text{Por lo tanto el tamaño de muestra será: } n = 77.92 (1 / 1 - 0.20) = 97.4$$

Para efectos de cálculo se redondeará a 100 individuos a evaluar en las plantaciones puras y en fajas de enriquecimiento.

Apéndice 3 – Posición de la copa – Según clasificación de Dawkins (1958).

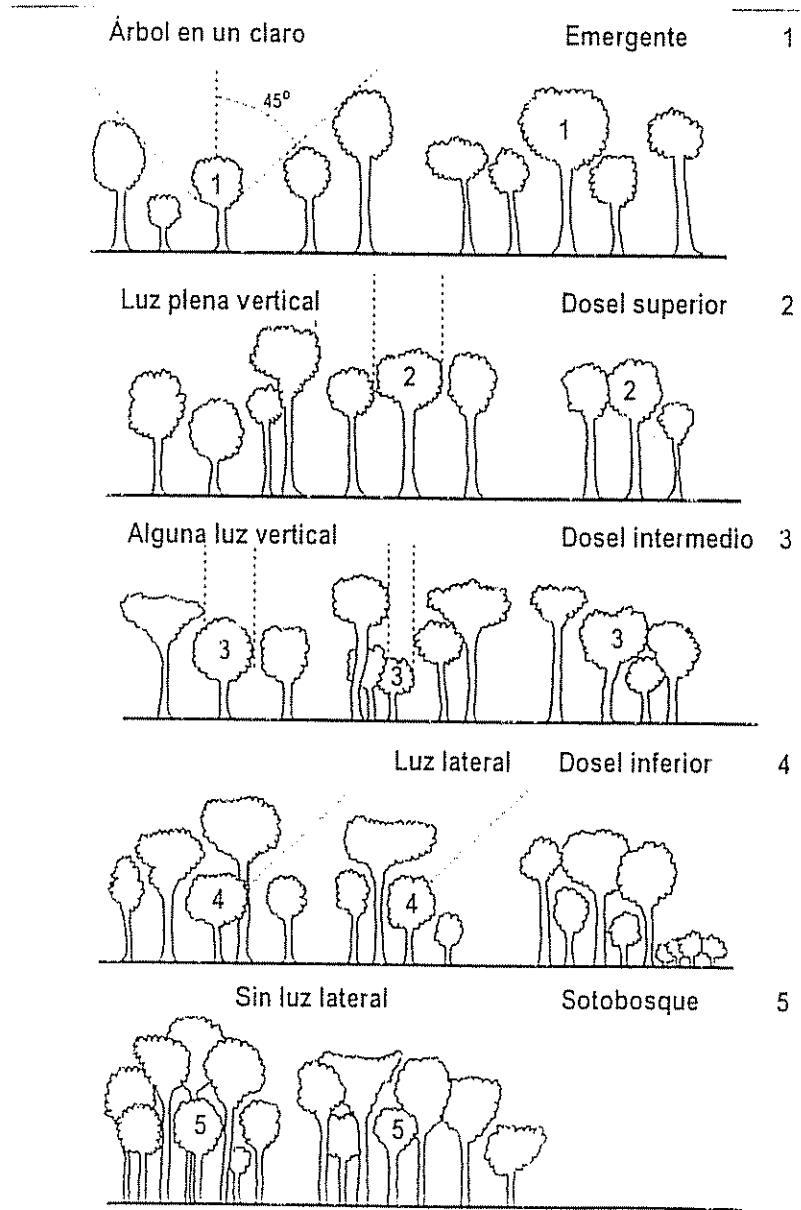
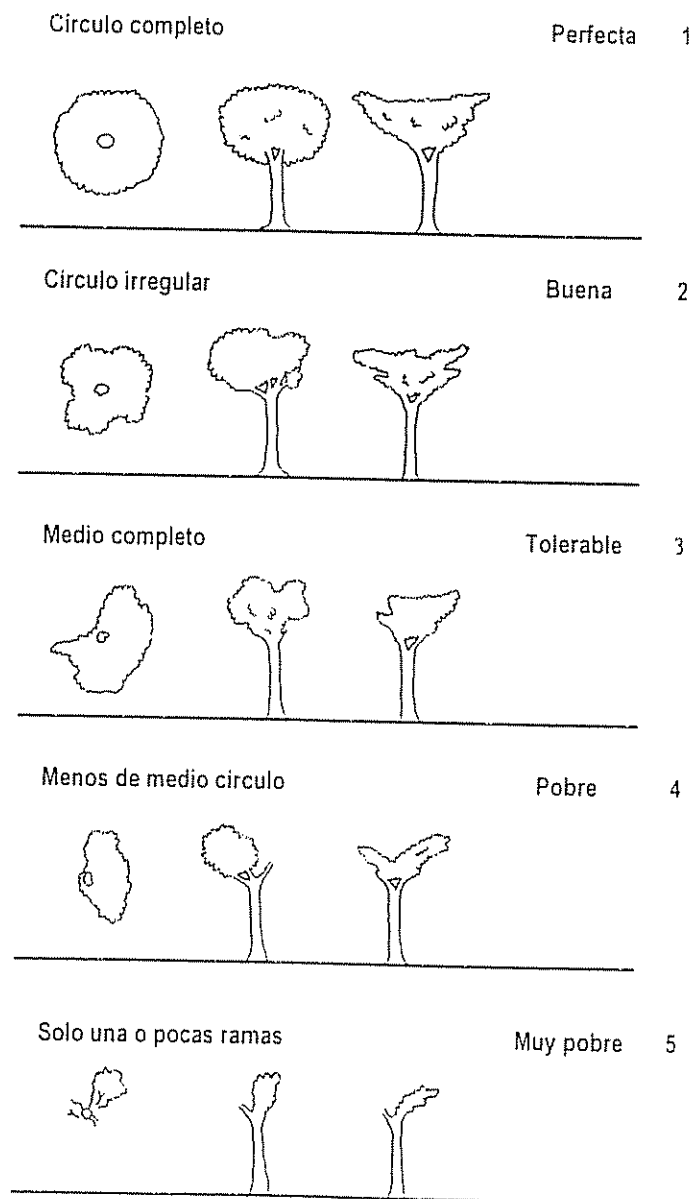
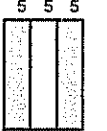
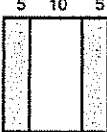
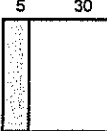

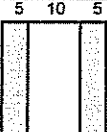



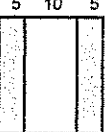


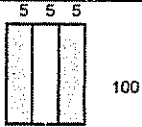
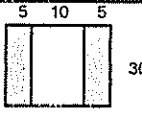
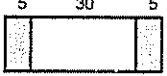
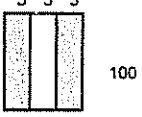
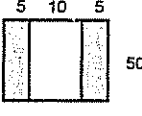

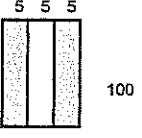
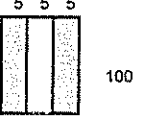
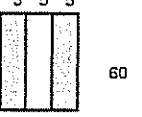
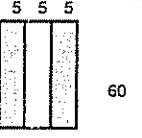
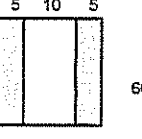
Figura 4 – Forma de la copa – Según clasificación de Dawkins (1958).



ANEXO 5 - Croquis de parcela de evaluación para *Cedrelinga catenaeformis*

Tratamientos	Croquis y área de la parcela de evaluación	
001 GLEPLA05		Area = 1500 m ²
002 GLEPLA10		Area = 2000 m ²
003 GLEPLA30		Area = 2400 m ²
004 ACRPLA05		Area = 1500 m ²
005 ACRPLA10		Area = 2000 m ²
006 ACRPLA30		Area = 200 m ²
007 ACROND05		Area = 1500 m ²
008 CAMCOL05		Area = 1500 m ²
009 CAMCOL10		Area = 600 m ²

ANEXO 6 - Croquis de parcela de evaluación para *Amburana cearensis*

Tratamientos	Croquis y área de la parcela de evaluación
001 GLEPLA05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
002 GLEPLA10	 <p style="text-align: right;">Area = 600 m²</p>
003 GLEPLA30	 <p style="text-align: right;">Area = 340 m²</p>
004 GLEOND05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
005 ACRPLA10	 <p style="text-align: right;">Area = 1000 m²</p>
006 ACRPLA30	 <p style="text-align: right;">Area = 200 m²</p>
007 ACROND05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
008 ACROCOL05	 <p style="text-align: right;">Area = 1500 m²</p>
009 CAMOND05	 <p style="text-align: right;">Area = 900 m²</p>
010 CAMCOL05	 <p style="text-align: right;">Area = 900 m²</p>
011 CAMCOL10	 <p style="text-align: right;">Area = 1200 m²</p>

ANEXO 8. Comparación de medias entre 4 especies forestales establecidas en plantaciones puras. Análisis de Variancia. Salidas de SAS.

DIÁMETRO

Análisis de variancia

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1442.001875	480.667292	143.06	<.0001
Error	12	40.317500	3.359792		
Corrected Total	15	1482.319375			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DAP Mean
0.972801	9.378822	1.832973	19.54375

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN DIAMETRO

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	4.62687500	1.54229167	107.29	<.0001
Error	12	0.17250000	0.01437500		
Corrected Total	15	4.79937500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMADAP Mean
0.964058	11.35108	0.119896	1.056250

ALTURA TOTAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	873.1468750	291.0489583	109.61	<.0001
Error	12	31.8625000	2.6552083		
Corrected Total	15	905.0093750			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTURA Mean
0.964793	11.38999	1.629481	14.30625

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ALTURA

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	2.67187500	0.89062500	72.46	<.0001
Error	12	0.14750000	0.01229167		
Corrected Total	15	2.81937500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMAALT Mean
0.947683	14.66020	0.110868	0.756250

ALTURA DOMINANTE

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	701.4750000	233.8250000	62.03	<.0001
Error	12	45.2350000	3.7695833		
Corrected Total	15	746.7100000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTDOM Mean
0.939421	9.719857	1.941541	19.97500

ALTURA COMERCIAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	68.16210000	22.72070000	20.69	<.0001
Error	12	13.17860000	1.09821667		
Corrected Total	15	81.34070000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTCOM Mean
0.837983	14.36051	1.047958	7.297500

AREA BASAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	953.266875	317.755625	8.90	0.0022
Error	12	428.592500	35.716042		
Corrected Total	15	1381.859375			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ABASAL Mean
0.689844	34.23582	5.976290	17.45625

VOLUMEN

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	282602.8269	94200.9423	28.80	<.0001
Error	12	39248.3375	3270.6948		
Corrected Total	15	321851.1644			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	VOLUMEN Mean
0.878054	37.05965	57.18999	154.3188

ANEXO 9 - *Cedrelinga catenaeformis* en fajas de enriquecimiento. Análisis de variancia. Salidas Programa SAS.

DIAMETRO

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	540.831167	67.603896	3.55	0.0046
Error	33	629.262167	19.068551		
Corrected Total	41	1170.093333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DIAMETRO Mean
0.462212	18.52937	4.366755	23.56667

Pruebas de contrastes ortogonales

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR	1	39.5218941	39.5218941	2.07	0.1594
CAM vs ACR + GLE	1	238.0832601	238.0832601	12.49	0.0012
1 vs 2	1	8.6680556	8.6680556	0.45	0.5049
ACR vs CAM	1	291.2806667	291.2806667	15.28	0.0004
8 vs 9	1	30.9760000	30.9760000	1.62	0.2114
3 vs 4 5 6 7	1	0.6608986	0.6608986	0.03	0.8535
4 vs 5 6 7	1	150.4166667	150.4166667	7.89	0.0083
5 vs 6 7	1	1.1213333	1.1213333	0.06	

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR	1	39.5218941	39.5218941	2.07	0.1594
CAM vs ACR + GLE	1	238.0832601	238.0832601	12.49	0.0012
1 vs 2	1	8.6680556	8.6680556	0.45	0.5049
ACR vs CAM	1	291.2806667	291.2806667	15.28	0.0004
8 vs 9	1	30.9760000	30.9760000	1.62	0.2114
3 vs 4 5 6 7	1	0.6608986	0.6608986	0.03	0.8535
4 vs 5 6 7	1	150.4166667	150.4166667	7.89	0.0083
5 vs 6 7	1	1.1213333	1.1213333	0.06	

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
30M vs 5M + 10M	1	15.3824638	15.3824638	0.81	0.3756
5M vs 10M	1	8.8778409	8.8778409	0.47	0.4998
GLEPLA05 vs ACRPLA05	1	224.6760000	224.6760000	11.78	0.0016
GLEPLA10 vs GLEPLA30	1	18.2001190	18.2001190	0.95	0.3357
5 vs 6 7 8 9	1	16.4836000	16.4836000	0.86	0.3593
6 vs 7 8 9	1	14.4060000	14.4060000	0.76	0.3910
7 vs 8 9	1	134.8320000	134.8320000	7.07	0.0120
8 vs 9	1	30.9760000	30.9760000	1.62	0.2114

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN DIAMETRO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1.34626190	0.16828274	2.74	0.0194
Error	33	2.02350000	0.06131818		
Corrected Total	41	3.36976190			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMADAP Mean
0.399512	19.51267	0.247625	1.269048

ALTURA TOTAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	873.1468750	291.0489583	109.61	<.0001
Error	12	31.8625000	2.6552083		
Corrected Total	15	905.0093750			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTURA Mean
0.964793	11.38999	1.629481	14.30625

Prueba de contrastes ortogonales

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR	1	5.58699324	5.58699324	0.78	0.3823
CAM vs ACR + GLE	1	31.14510540	31.14510540	4.37	0.0444
1 vs 2	1	5.27022222	5.27022222	0.74	0.3960
ACR vs CAM	1	38.56016667	38.56016667	5.41	0.0263
8 vs 9	1	11.02500000	11.02500000	1.55	0.2223
3 vs 4 5 6 7	1	19.08789130	19.08789130	2.68	0.1112
4 vs 5 6 7	1	50.23350000	50.23350000	7.05	0.0121
5 vs 6 7	1	13.06800000	13.06800000	1.83	0.1849

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR	1	5.58699324	5.58699324	0.78	0.3823
CAM vs ACR + GLE	1	31.14510540	31.14510540	4.37	0.0444
1 vs 2	1	5.27022222	5.27022222	0.74	0.3960
ACR vs CAM	1	38.56016667	38.56016667	5.41	0.0263
8 vs 9	1	11.02500000	11.02500000	1.55	0.2223
3 vs 4 5 6 7	1	19.08789130	19.08789130	2.68	0.1112
4 vs 5 6 7	1	50.23350000	50.23350000	7.05	0.0121
5 vs 6 7	1	13.06800000	13.06800000	1.83	0.1849

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR	1	5.58699324	5.58699324	0.78	0.3823
CAM vs ACR + GLE	1	31.14510540	31.14510540	4.37	0.0444
1 vs 2	1	5.27022222	5.27022222	0.74	0.3960
ACR vs CAM	1	38.56016667	38.56016667	5.41	0.0263
8 vs 9	1	11.02500000	11.02500000	1.55	0.2223
3 vs 4 5 6 7	1	19.08789130	19.08789130	2.68	0.1112
4 vs 5 6 7	1	50.23350000	50.23350000	7.05	0.0121
5 vs 6 7	1	13.06800000	13.06800000	1.83	0.1849

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ALTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	0.14201258	0.01420126	2.08	0.0483
Error	42	0.28666667	0.00682540		
Corrected Total	52	0.42867925			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMAALT Mean
0.331279	18.01912	0.082616	0.458491

ALTURA DOMINANTE

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	367.9137619	45.9892202	5.59	0.0002
Error	33	271.5360000	8.2283636		
Corrected Total	41	639.4497619			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTDOM Mean
0.575360	13.65803	2.868512	21.00238

Pruebas de contrastes ortogonales

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR	1	5.58699324	5.58699324	0.78	0.3823
CAM vs ACR + GLE	1	31.14510540	31.14510540	4.37	0.0444
1 vs 2	1	5.27022222	5.27022222	0.74	0.3960
ACR vs CAM	1	38.56016667	38.56016667	5.41	0.0263
8 vs 9	1	11.02500000	11.02500000	1.55	0.2223
3 vs 4 5 6 7	1	19.08789130	19.08789130	2.68	0.1112
4 vs 5 6 7	1	50.23350000	50.23350000	7.05	0.0121
5 vs 6 7	1	13.06800000	13.06800000	1.83	0.1849

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PLA vs OND + COL	1	26.85631718	26.85631718	3.26	0.0799
OND vs COL	1	1.82533333	1.82533333	0.22	0.6407
GLEPLA vs ACRPLA	1	97.27228916	97.27228916	11.82	0.0016
CAMCOL05 vs CAMCOL10	1	64.51600000	64.51600000	7.84	0.0085
GLEPLA30 vs ACRPLA30	1	20.17200000	20.17200000	2.45	0.1270
1 vs 2 4 5	1	50.10873469	50.10873469	6.09	0.0190
2 vs 4 5	1	34.40257143	34.40257143	4.18	0.0489
4 vs 5	1	13.68900000	13.68900000	1.66	0.2061

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
30M vs 5M + 10M	1	145.9966096	145.9966096	17.74	0.0002
5M vs 10M	1	9.3382045	9.3382045	1.13	0.2945
GLEPLA05 vs ACRPLA05	1	90.6010000	90.6010000	11.01	0.0022
GLEPLA10 vs GLEPLA30	1	36.2742857	36.2742857	4.41	0.0435
5 vs 6 7 8 9	1	1.7689000	1.7689000	0.21	0.6459
6 vs 7 8 9	1	161.0481667	161.0481667	19.57	<.0001
7 vs 8 9	1	1.8253333	1.8253333	0.22	0.6407
8 vs 9	1	64.5160000	64.5160000	7.84	0.0085

ALTURA COMERCIAL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	42.15245881	5.26905735	4.57	0.0008
Error	33	38.03958167	1.15271460		
Corrected Total	41	80.19204048			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTCOM Mean
0.525644	9.662740	1.073645	11.11119

AREA BASAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1839.06048	229.882506	17.93	<.0001
Error	33	423.150667	12.822747		
Corrected Total	41	2262.210714			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ARBASAL Mean
0.812948	58.49756	3.580886	6.121429

VOLUMEN

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	162639.4284	20329.9285	13.49	<.0001
Error	33	49722.3707	1506.7385		
Corrected Total	41	212361.7990			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	VOLUMEN Mean
0.765860	61.80539	38.81673	62.80476

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	577.9075238	72.2384405	14.23	<.0001
Error	33	167.4886667	5.0754141		
Corrected Total	41	745.3961905			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMAVOL Mean
0.775302	62.74566	2.252868	3.590476

ANEXO 10. *Amburana cearensis* en fajas de enriquecimiento. Análisis de Variancia. Salidas de SAS.

DIAMETRO

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	303.5230189	30.3523019	12.22	<.0001
Error	42	104.3400000	2.4842857		
Corrected Total	52	407.8630189			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DIAMETRO Mean
0.744179	15.80336	1.576162	9.973585

Pruebas de contrastes ortogonales

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR + CAM	1	90.91403347	90.91403347	36.60	<.0001
ACR vs CAM	1	15.86722222	15.86722222	6.39	0.0153
CAMOND vs CAMCOL	1	3.74533333	3.74533333	1.51	0.2263
CAMCOL05 vs CAMCOL10	1	0.06400000	0.06400000	0.03	0.8733
GLE vs ACR	1	41.29130769	41.29130769	16.62	0.0002
GLEPLA05 vs GLEPLA10	1	0.00100000	0.00100000	0.00	0.9841
GLEPLA30 vs GLEOND05	1	3.24900000	3.24900000	1.31	0.2593
5 vs 6 7 8	1	45.87173684	45.87173684	18.46	0.0001
6 vs 7 8	1	21.22680000	21.22680000	8.54	0.0056
7 vs 8	1	3.67500000	3.67500000	1.48	0.2307

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PLA vs OND + COL	1	7.40589808	7.40589808	2.98	0.0916
OND vs COL	1	9.82830000	9.82830000	3.96	0.0532
4 vs 7 9	1	92.07480000	92.07480000	37.06	<.0001
7 vs 9	1	19.20000000	19.20000000	7.73	0.0081
PLA vs COL	1	0.21660000	0.21660000	0.09	0.7692
ACRPLA10 vs ACRPLA30	1	8.28100000	8.28100000	3.33	0.0750
ACRCOL05 vs CAMCOL	1	41.77200000	41.77200000	16.81	0.0002
CAMCOL05 vs CAMCOL10	1	0.06400000	0.06400000	0.03	0.8733
1 vs 2 3	1	13.87200000	13.87200000	5.58	0.0228
2 vs 3	1	42.43600000	42.43600000	17.08	0.0002

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
05 vs 10 + 30	1	15.49800577	15.49800577	6.24	0.0165
GLEPLA30 vs ACRPLA30	1	56.64400000	56.64400000	22.80	<.0001
05 vs 10	1	48.24010714	48.24010714	19.42	<.0001
1 vs 4	1	68.64400000	68.64400000	27.63	<.0001
2 5 vs 7 8 9 10 11	1	12.24465138	12.24465138	4.93	0.0319
2 vs 5	1	15.12900000	15.12900000	6.09	0.0178
7 vs 8 9 10 11	1	6.02713043	6.02713043	2.43	0.1268
8 vs 9 10 11	1	56.84266667	56.84266667	22.88	<.0001
9 vs 10 11	1	3.74533333	3.74533333	1.51	0.2263

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN DIAMETRO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	0.73008805	0.07300881	7.85	<.0001
Error	42	0.39066667	0.00930159		
Corrected Total	52	1.12075472			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMADAP Mean
0.651425	18.79254	0.096445	0.513208

ALTURA TOTAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	65.3007547	6.5300755	3.87	0.0009
Error	42	70.8400000	1.6866667		
Corrected Total	52	136.1407547			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTURA Mean
0.479656	14.45140	1.298717	8.986792

Pruebas de contrastes ortogonales

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR + CAM	1	18.13807531	18.13807531	10.75	0.0021
ACR vs CAM	1	0.58320000	0.58320000	0.35	0.5597
CAMOND vs CAMCOL	1	1.20000000	1.20000000	0.71	0.4037
CAMCOL05 vs CAMCOL10	1	0.06400000	0.06400000	0.04	0.8465
GLE vs ACR	1	16.32830769	16.32830769	9.68	0.0033
GLEPLA05 vs GLEPLA10	1	5.18400000	5.18400000	3.07	0.0869
GLEPLA30 vs GLEOND05	1	0.19600000	0.19600000	0.12	0.7349
5 vs 6 7 8	1	7.50378947	7.50378947	4.45	0.0409
6 vs 7 8	1	14.25720000	14.25720000	8.45	0.0058
7 vs 8	1	2.02800000	2.02800000	1.20	0.2791

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PLA vs OND + COL	1	4.67307692	4.67307692	2.77	0.1035
OND vs COL	1	0.01080000	0.01080000	0.01	0.9366
4 vs 7 9	1	9.39870000	9.39870000	5.57	0.0230
7 vs 9	1	0.91875000	0.91875000	0.54	0.4646
PLA vs COL	1	3.60375000	3.60375000	2.14	0.1513
ACRPLA10 vs ACRPLA30	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
ACRCOL05 vs CAMCOL	1	4.33200000	4.33200000	2.57	0.1165
CAMCOL05 vs CAMCOL10	1	0.06400000	0.06400000	0.04	0.8465
1 vs 2 3	1	0.14700000	0.14700000	0.09	0.7693
2 vs 3	1	15.12900000	15.12900000	8.97	0.0046

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
05 vs 10 + 30	1	10.87574423	10.87574423	6.45	0.0149
GLEPLA30 vs ACRPLA30	1	28.22400000	28.22400000	16.73	0.0002
05 vs 10	1	15.55296429	15.55296429	9.22	0.0041
1 vs 4	1	1.36900000	1.36900000	0.81	0.3728
2 5 vs 7 8 9 10 11	1	10.54571560	10.54571560	6.25	0.0164
2 vs 5	1	2.02500000	2.02500000	1.20	0.2794
7 vs 8 9 10 11	1	0.00319565	0.00319565	0.00	0.9655
8 vs 9 10 11	1	6.73350000	6.73350000	3.99	0.0522
9 vs 10 11	1	1.20000000	1.20000000	0.71	0.4037
10 vs 11	1	0.06400000	0.06400000	0.04	0.8465

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ALTURA

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	0.14201258	0.01420126	2.08	0.0483
Error	42	0.28666667	0.00682540		
Corrected Total	52	0.42867925			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IMAALT Mean
0.331279	18.01912	0.082616	0.458491

ALTURA DOMINANTE

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	240.0355472	24.0035547	7.54	<.0001
Error	42	133.7320000	3.1840952		
Corrected Total	52	373.7675472			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTDOM Mean
0.642205	17.44574	1.784403	10.22830

Pruebas de contrastes ortogonales

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GLE vs ACR + CAM	1	95.31344561	95.31344561	29.93	<.0001
ACR vs CAM	1	0.00320000	0.00320000	0.00	0.9749
CAMOND vs CAMCOL	1	2.35200000	2.35200000	0.74	0.3950
CAMCOLO5 vs CAMCOL10	1	3.84400000	3.84400000	1.21	0.2781
GLE vs ACR	1	71.08269231	71.08269231	22.32	<.0001
GLEPLA05 vs GLEPLA10	1	12.76900000	12.76900000	4.01	0.0517
GLEPLA30 vs GLEOND05	1	71.82400000	71.82400000	22.56	<.0001
5 vs 6 7 8	1	21.38273684	21.38273684	6.72	0.0131
6 vs 7 8	1	0.81120000	0.81120000	0.25	0.6164
7 vs 8	1	2.88300000	2.88300000	0.91	0.3468

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PLA vs OND + COL	1	27.39254423	27.39254423	8.60	0.0054
OND vs COL	1	0.90750000	0.90750000	0.29	0.5963
4 vs 7 9	1	7.87320000	7.87320000	2.47	0.1233
7 vs 9	1	0.30000000	0.30000000	0.09	0.7604
PLA vs COL	1	15.10506667	15.10506667	4.74	0.0351
ACRPLA10 vs ACRPLA30	1	19.60000000	19.60000000	6.16	0.0172
ACRCOLO5 vs CAMCOL	1	2.13333333	2.13333333	0.67	0.4177
CAMCOLO5 vs CAMCOL10	1	3.84400000	3.84400000	1.21	0.2781
1 vs 2 3	1	58.24133333	58.24133333	18.29	0.0001
2 vs 3	1	36.86400000	36.86400000	11.58	0.0015

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
05 vs 10 + 30	1	16.79097692	16.79097692	5.27	0.0267
GLEPLA30 vs ACRPLA30	1	79.52400000	79.52400000	24.98	<.0001
05 vs 10	1	0.86785714	0.86785714	0.27	0.6044
1 vs 4	1	1.36900000	1.36900000	0.43	0.5156
2 5 vs 7 8 9 10 11	1	0.60286239	0.60286239	0.19	0.6657
2 vs 5	1	52.90000000	52.90000000	16.61	0.0002
7 vs 8 9 10 11	1	0.48234783	0.48234783	0.15	0.6991
8 vs 9 10 11	1	4.37400000	4.37400000	1.37	0.2478
9 vs 10 11	1	2.35200000	2.35200000	0.74	0.3950
10 vs 11	1	3.84400000	3.84400000	1.21	0.2781

AREA BASAL

Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	137.5195472	13.7519547	9.98	<.0001
Error	42	57.8680000	1.3778095		
Corrected Total	52	195.3875472			

R-Square Coeff Var Root MSE ABASAL Mean
0.703830 72.08745 1.173801 1.628302

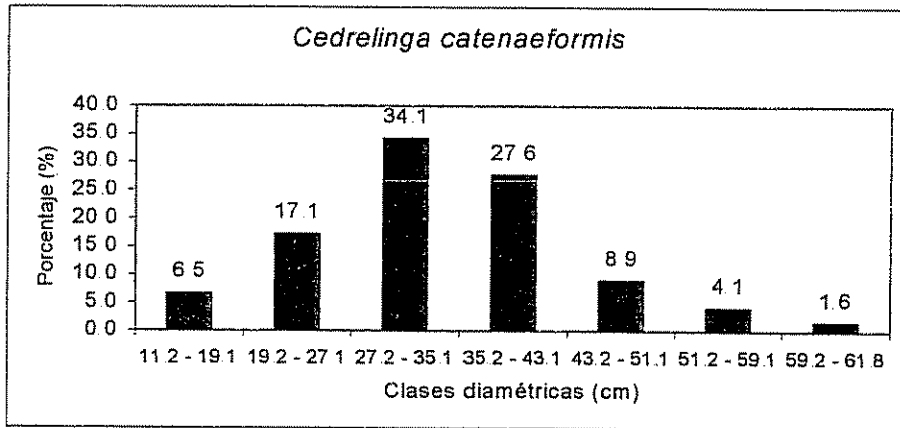
VOLUMEN

Análisis de variancia

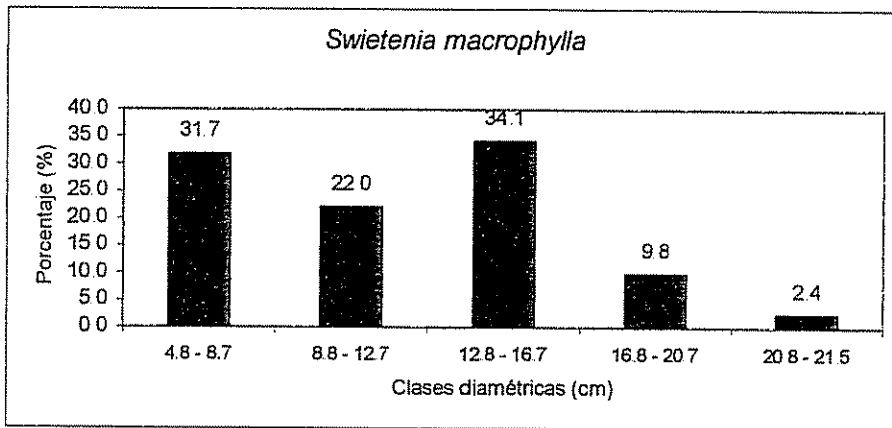
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	5912.17879	591.21788	5.18	<.0001
Error	42	4792.80800	114.11448		
Corrected Total	52	10704.98679			

R-Square Coeff Var Root MSE VOLUMEN Mean
0.552283 118.1735 10.68244 9.039623

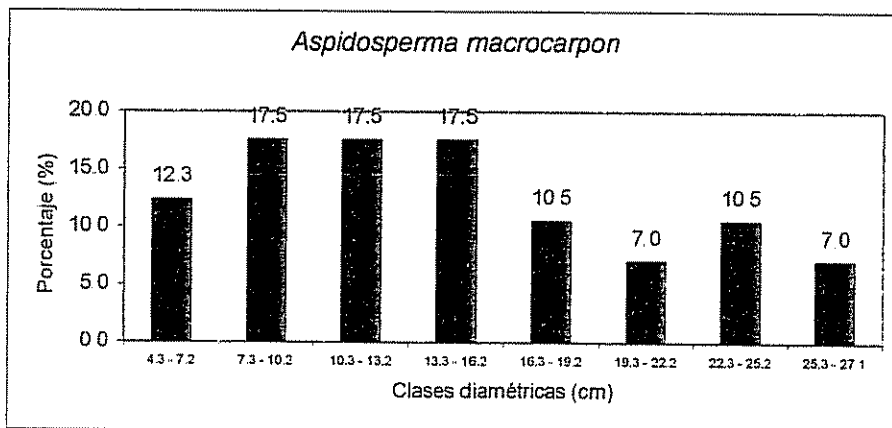
ANEXO 11 – Distribución diamétrica en plantaciones puras de 6 especies forestales Se incluye el número de individuos por hectárea para cada clase diamétrica



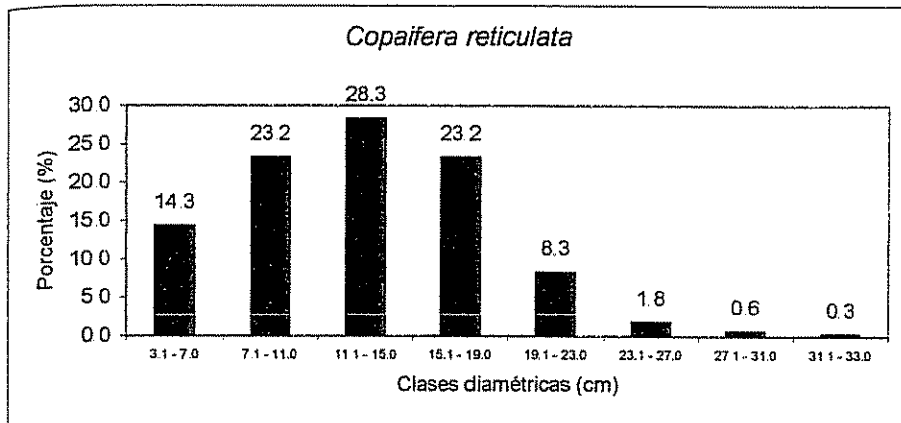
Clase	Individuos/ ha
11.2 - 19.1	20
19.2 - 27.1	53
27.2 - 35.1	105
35.2 - 43.1	85
43.2 - 51.1	28
51.2 - 59.1	13
59.2 - 61.8	5



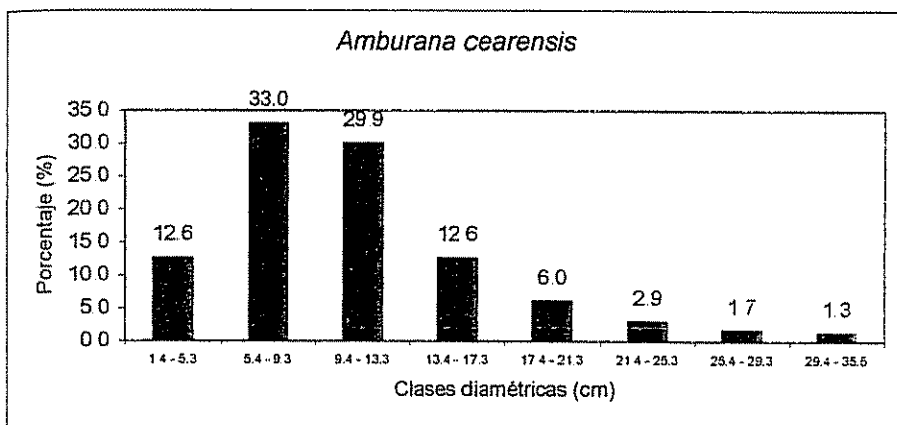
Clase	Individuos/ ha
4.8 - 8.7	47
8.8 - 12.7	68
12.8 - 16.7	105
16.8 - 20.7	31
20.8 - 21.5	7



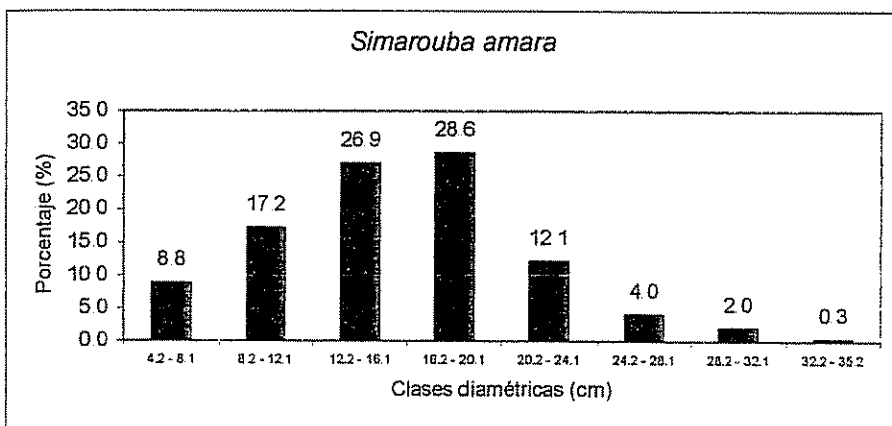
Clase	Individuos/ ha
4.3 - 7.2	25
7.3 - 10.2	36
10.3 - 13.2	36
13.3 - 16.2	36
16.3 - 19.2	23
19.3 - 22.2	14
22.3 - 25.2	21
25.3 - 27.1	12



Clase	Individuos/ ha
3.1 – 7.0	118
7.1 – 11.0	195
11.1 – 15.0	237
15.1 – 19.0	195
19.1 – 23.0	68
23.1 – 27.0	17
27.1 – 31.0	8
31.3 – 33.0	3

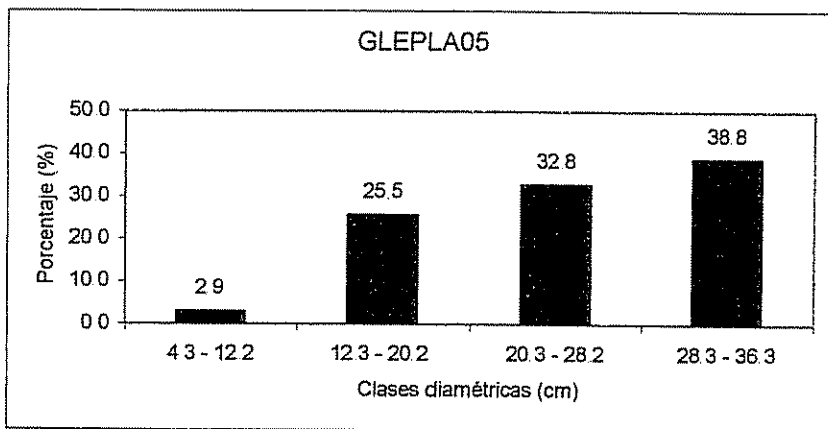


Clase	Individuos/ ha
1.4 – 5.3	114
5.4 – 9.3	289
9.4 – 13.3	263
13.4 – 17.3	114
17.4 – 21.3	53
21.4 – 25.3	25
25.4 – 29.3	15
29.4 – 35.5	11

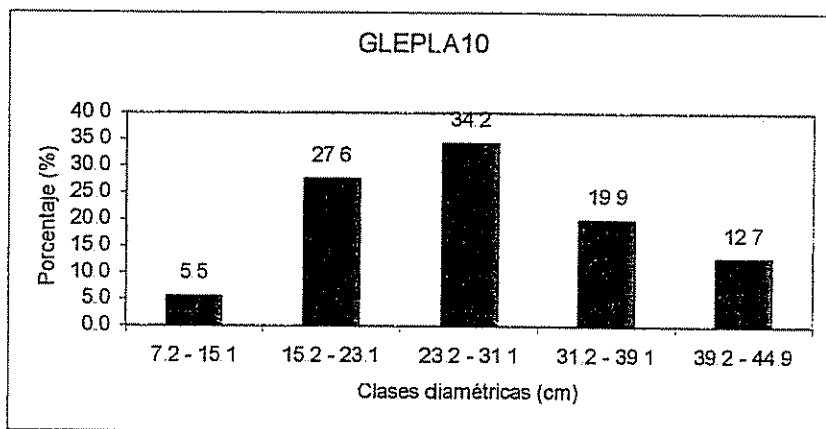


Clase	Individuos/ ha
4.2 – 8.1	67
8.2 – 12.1	127
12.2 – 16.1	201
16.2 – 20.1	216
20.2 – 24.1	89
24.2 – 28.1	30
28.2 – 32.1	15
32.2 – 35.2	2

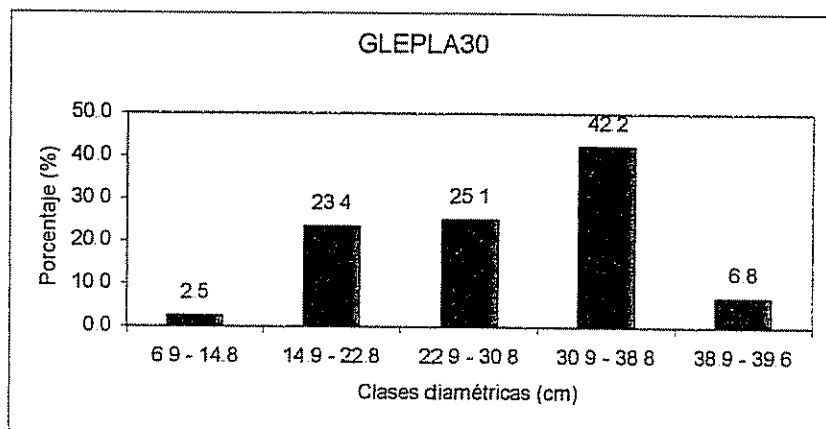
ANEXO 12 – Distribución diamétrica de *Cedrelinga catenaeformis* en plantaciones en fajas de enriquecimiento, 9 tratamientos Bosque Alexander von Humboldt, Perú. Se incluye el número de individuos por hectárea para cada clase diamétrica.



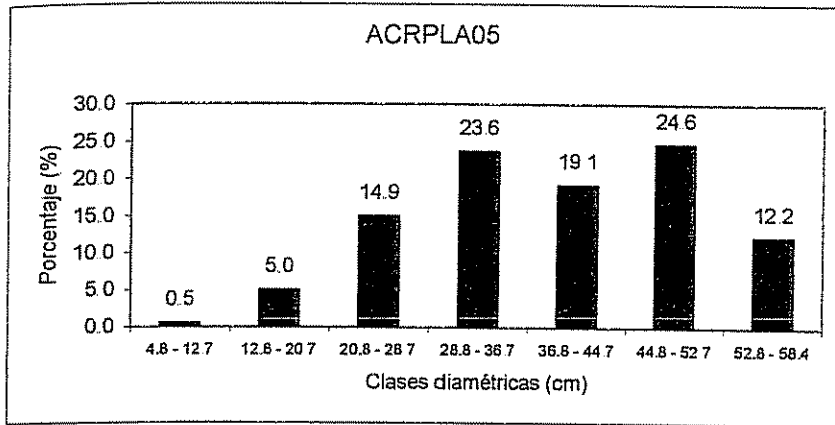
Clase	Individuos/ ha
4.3 – 12.2	3
12.3 – 20.2	22
20.3 – 28.2	29
28.3 – 36.3	34



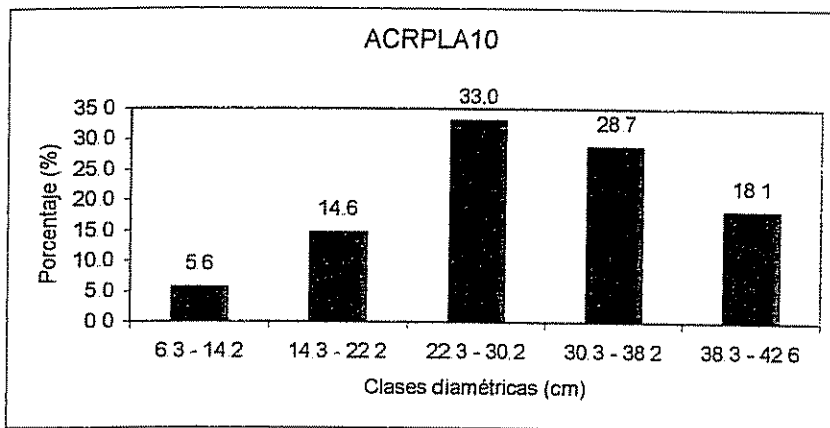
Clase	Individuos/ ha
7.2 – 15.1	4
15.2 – 23.1	20
23.2 – 31.3	24
31.2 – 39.1	14
39.2 – 44.9	9



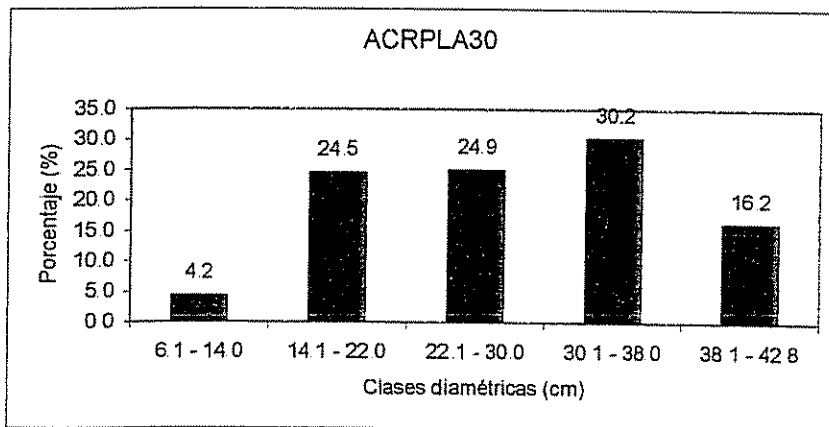
Clase	Individuos/ ha
6.9 – 14.8	1
14.9 – 22.8	12
22.9 – 30.8	13
30.9 – 38.8	22
38.9 – 39.6	4



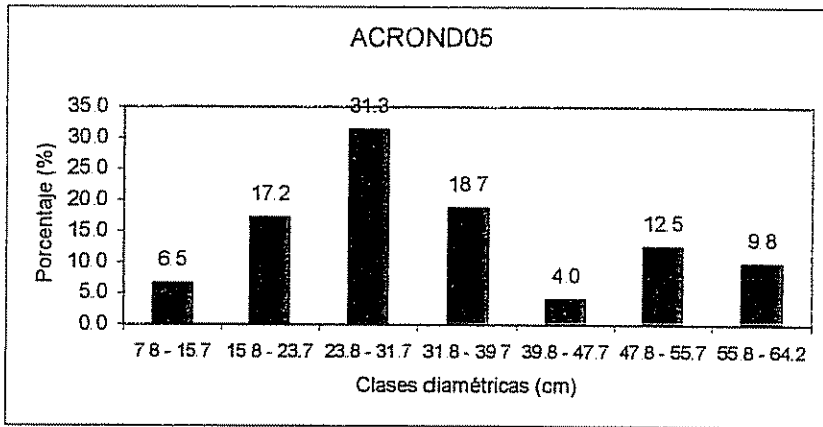
Clase	Individuos/ ha
4.8 - 12.7	1
12.8 - 20.7	4
20.8 - 28.7	11
28.8 - 36.7	17
36.8 - 44.7	14
44.8 - 52.7	18
52.8 - 58.4	9



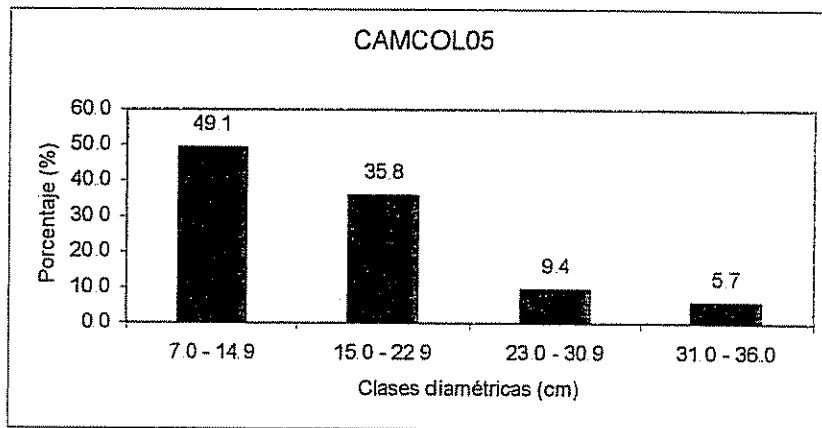
Clase	Individuos/ ha
6.3 - 14.2	4
14.3 - 22.2	11
22.3 - 30.2	24
30.3 - 38.2	21
38.3 - 42.6	13



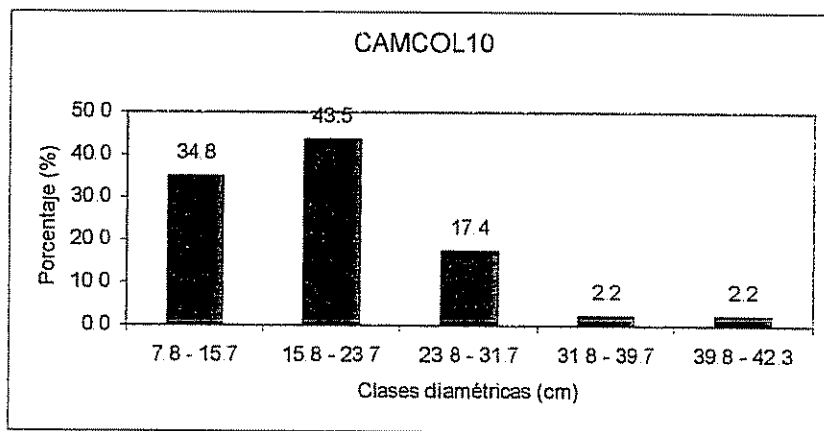
Clase	Individuos/ ha
6.1 - 14.0	22
14.1 - 22.0	134
22.1 - 30.0	140
30.1 - 38.0	168
38.1 - 42.8	90



Clase	Individuos/ ha
7.8 - 15.7	5
15.8 - 23.7	14
23.8 - 31.7	25
31.8 - 39.7	15
39.8 - 47.7	3
47.8 - 55.7	10
55.8 - 64.2	8

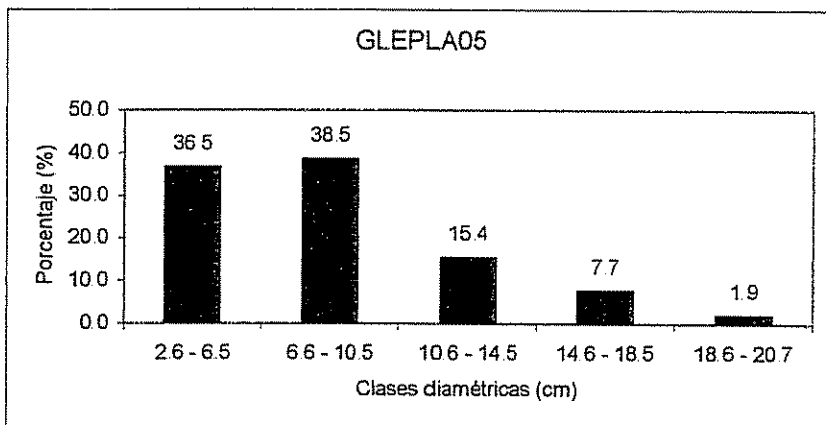


Clase	Individuos/ ha
7.0 - 14.9	35
15.0 - 22.9	26
23.0 - 30.9	7
31.0 - 36.0	4

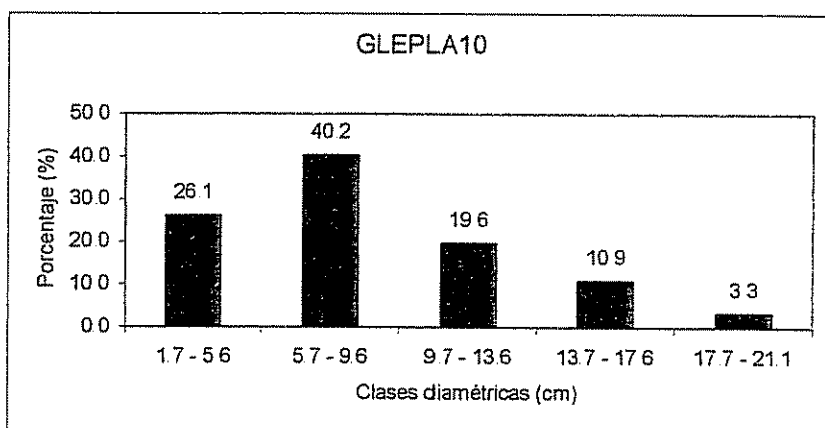


Clase	Individuos/ ha
7.8 - 15.7	54
15.8 - 23.7	67
23.8 - 31.7	27
31.8 - 39.7	3
39.8 - 42.3	3

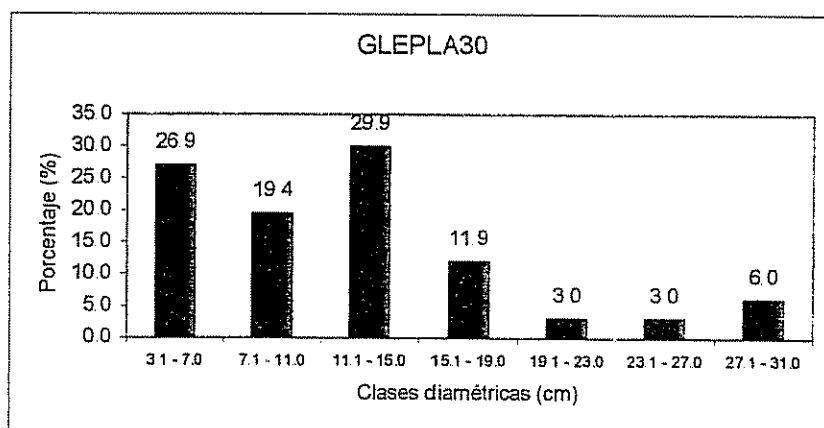
ANEXO 13 – Distribución diamétrica de *Amburana cearensis* en plantaciones en fajas de enriquecimiento, 11 tratamientos Bosque Alexander von Humboldt, Perú Se incluye el número de individuos por hectárea para cada clase diamétrica.



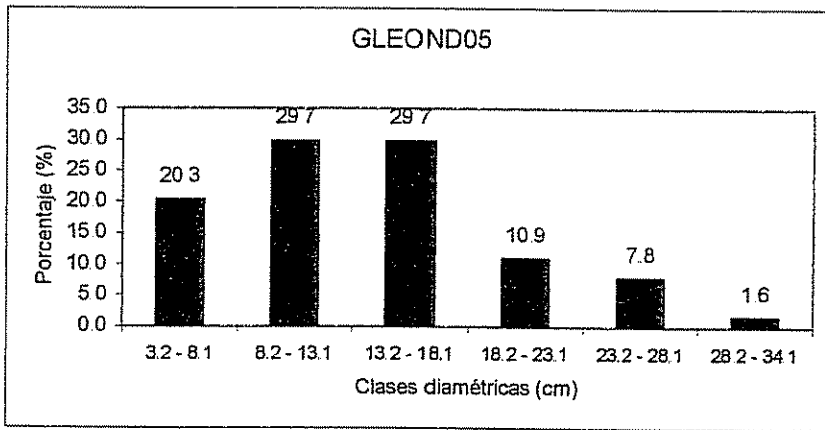
Clase	Individuos/ ha
2.6 - 6.5	25
6.6 - 10.5	27
10.6 - 14.5	10
14.6 - 18.5	6
18.6 - 20.7	1



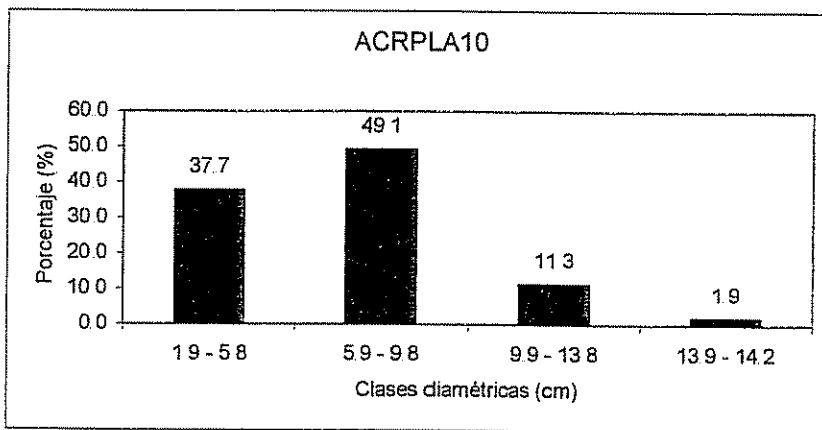
Clase	Individuos/ ha
1.7 - 5.6	80
5.7 - 9.6	123
9.7 - 13.6	61
13.7 - 17.6	34
17.7 - 21.1	10



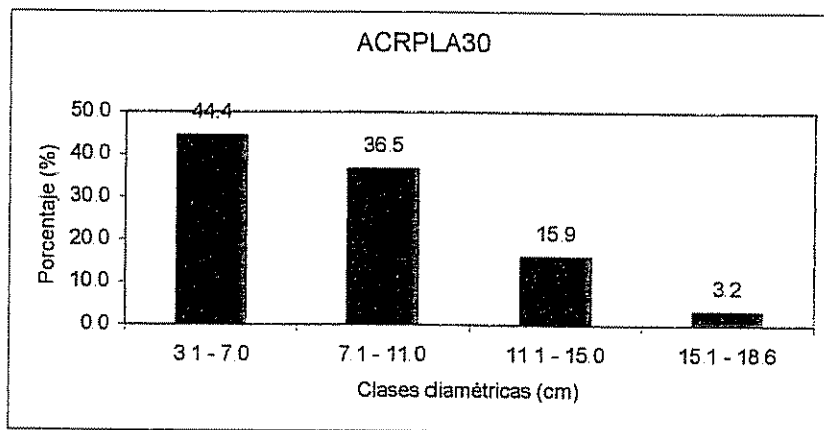
Clase	Individuos/ ha
3.1 - 7.0	100
7.1 - 11.0	71
11.1 - 15.0	112
15.1 - 19.0	45
19.1 - 23.0	11
23.1 - 27.0	11
27.1 - 31.0	22



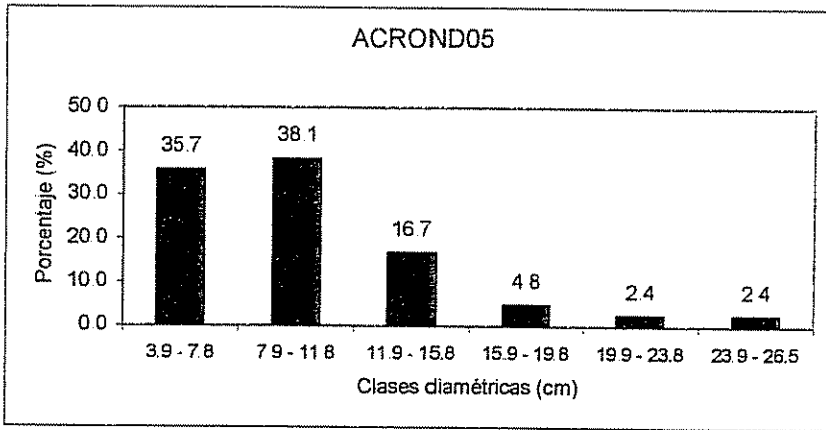
Clase	Individuos/ ha
3.2 - 8.1	17
8.2 - 13.1	26
13.2 - 18.1	26
18.2 - 23.1	9
23.2 - 28.1	7
28.2 - 34.1	2



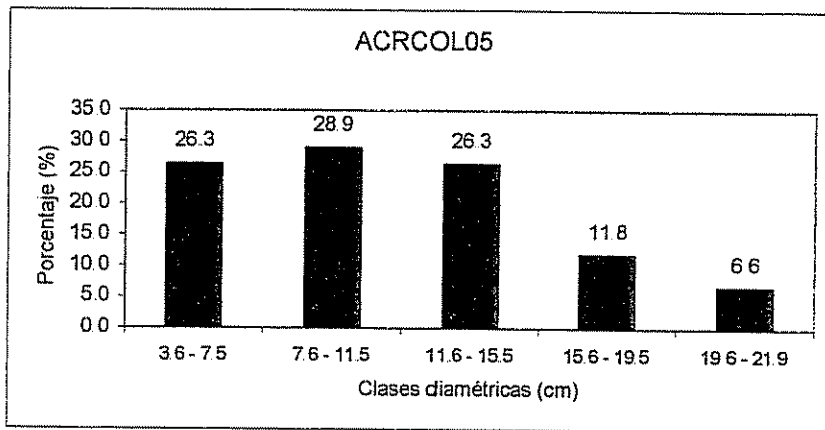
Clase	Individuos/ ha
1.9 - 5.8	40
5.9 - 9.8	52
9.9 - 13.8	12
13.9 - 14.2	2



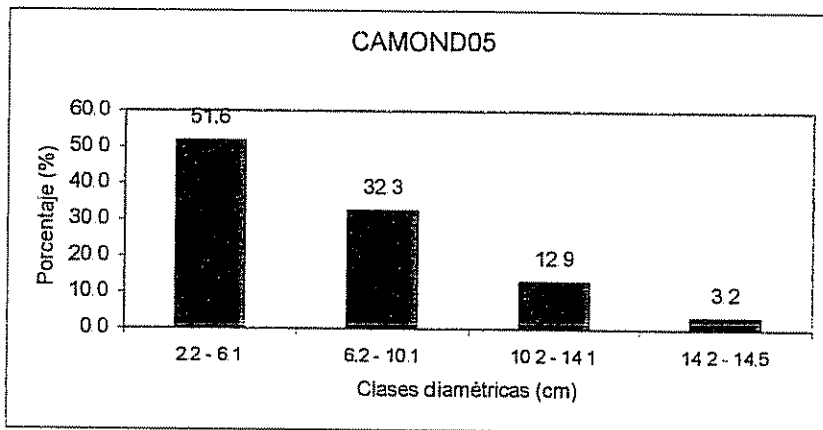
Clase	Individuos/ ha
3.1 - 7.0	277
7.1 - 11.0	233
11.1 - 15.0	101
15.1 - 18.6	19



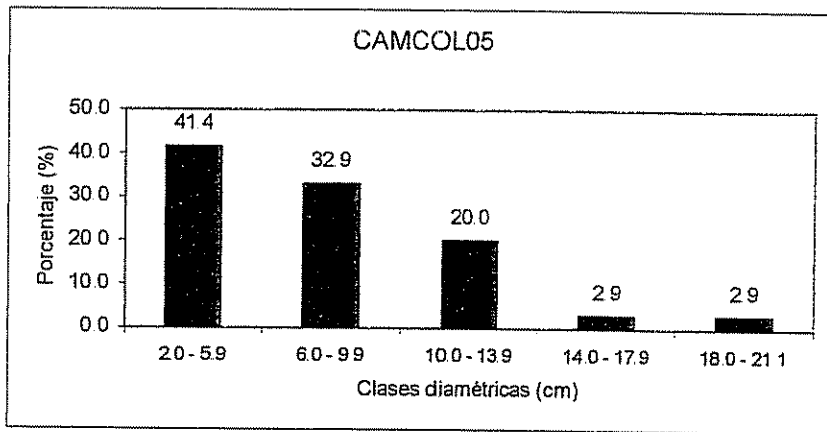
Clase	Individuos/ ha
3.9 - 7.8	33
7.9 - 11.8	35
11.9 - 15.8	16
15.9 - 19.8	5
19.9 - 23.8	2
23.9 - 26.5	2



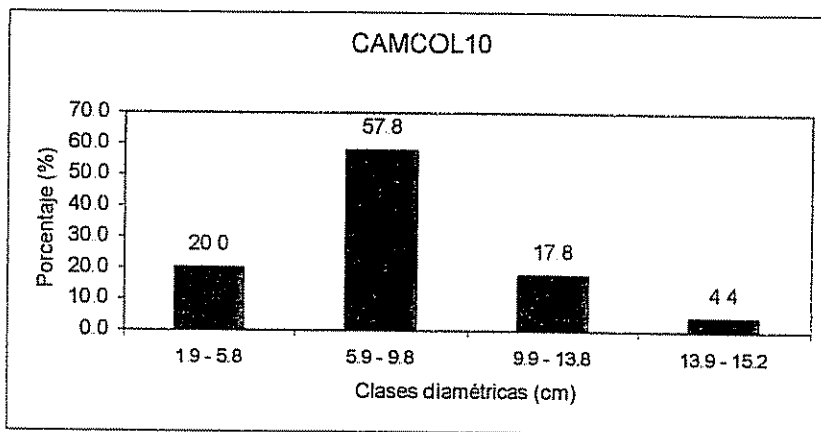
Clase	Individuos/ ha
3.6 - 7.5	26
7.6 - 11.5	29
11.6 - 15.5	26
15.6 - 19.5	12
19.6 - 21.9	7



Clase	Individuos/ ha
2.2 - 6.1	36
6.2 - 10.1	22
10.2 - 14.1	9
14.2 - 14.5	2



Clase	Individuos/ ha
2.0 – 5.9	64
6.0 – 9.9	51
10.0 – 13.9	31
14.0 – 17.9	5
18.0 – 21.1	5



Clase	Individuos/ ha
1.9 – 5.8	15
5.9 – 9.8	43
9.9 – 13.8	14
13.9 – 15.2	3

ANEXO 14 - Prueba de independencia para posición y forma de copa en plantaciones puras.

POSICION DE COPA

POSICION	CEDRCATE	COPARETI	AMBUCEAR	SIMAAMA	Total
EMERGENTE					
Frecuencia	44.2	14.6	16	43.3	118.1
Valor esperado	29.54	29.54	29.54	29.481	
Ji-cuadrado	7.2757	7.5558	6.2061	6.4779	
DOSEL SUPERIOR					
Frecuencia	29.2	13.7	19.8	28.1	90.8
Valor esperado	22.711	22.711	22.711	22.666	
Ji-cuadrado	1.8538	3.5755	0.3732	1.3028	
DOSEL INTERMEDIO					
Frecuencia	5.8	14	20.1	10.8	50.7
Valor esperado	12.681	12.681	12.681	12.656	
Ji-cuadrado	3.7341	0.1371	4.34	0.2722	
DOSEL INFERIOR					
Frecuencia	10.8	32.5	11.1	6.4	60.8
Valor esperado	15.208	15.208	15.208	15.177	
Ji-cuadrado	1.2775	19.663	1.1095	5.076	
SOTOBOSQUE					
Frecuencia	10	25.2	33	11.2	79.4
Valor esperado	19.86	19.86	19.86	19.82	
Ji-cuadrado	4.8952	1.4359	8.694	3.7491	
Total	100	100	100	99.8	399.8

Estadísticas para tabla de POSICION DE COPA por ESPECIE

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	12	89.0041	<.0001
Likelihood Ratio Chi-Square	12	87.9116	<.0001
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	0.0323	0.8573
Phi Coefficient		0.4718	
Contingency Coefficient		0.4267	
Cramer's V		0.2724	

FORMA DE COPA

FORMA DE COPA	CEDRCATE	COPARETI	AMBUCEAR	SIMAAMA	Total
PERFECTA					
Frecuencia	26.7	0.3	4.6	4.3	35.9
Valor esperado	8.984	8.975	8.975	8.966	
Ji-cuadrado	34.935	8.385	2.1327	2.4283	
BUENA					
Frecuencia	34.2	11.9	12.6	36.1	94.8
Valor esperado	23.724	23.7	23.7	23.676	
Ji-cuadrado	4.6263	5.8751	5.1987	6.5191	
TOLERABLE					
Frecuencia	29.2	40.1	30.7	37.5	137.5
Valor esperado	34.409	34.375	34.375	34.341	
Ji-cuadrado	0.7887	0.9535	0.3929	0.2907	
POBRE					
Frecuencia	7.5	28.6	18.4	16.2	70.7
Valor esperado	17.693	17.675	17.675	17.657	
Ji-cuadrado	5.872	6.7528	0.0297	0.1203	
MUY POBRE					
Frecuencia	2.5	19.1	33.7	5.8	61.1
Valor esperado	15.29	15.275	15.275	15.26	
Ji-cuadrado	10.699	0.9578	22.225	5.8642	
Total	100.1	100	100	99.9	400

Estadísticas para tabla de FORMA DE COPA por ESPECIE

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	12	125.0466	<.0001
Likelihood Ratio Chi-Square	12	124.1734	<.0001
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	12.2863	0.0005
Phi Coefficient		0.5591	
Contingency Coefficient		0.4880	
Cramer's V		0.3228	

ANEXO 15 - Prueba de independencia para posición y forma de copa en plantaciones en fajas de enriquecimiento de *Cedrelinga catenaeformis*.

POSICIÓN DE COPA

POSICIÓN DE COP	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	ACRPLA05	ACRPLA10	Total
EMERGENTE						
Frecuencia	19.1	18.5	42.1	35.8	28.8	226.1
Valor esperado	25.105	25.131	25.105	25.131	25.156	
Ji-cuadrado	1.4366	1.7495	11.504	4.5298	0.5279	
DOSEL SUPERIOR						
Frecuencia	35.3	18.5	18.4	26.4	23.3	210.3
Valor esperado	23.351	23.374	23.351	23.374	23.398	
Ji-cuadrado	6.1143	1.0165	1.0498	0.3916	0.0004	
DOSEL INTERMEDIO						
Frecuencia	19.1	29.6	18.4	17	12.3	170.1
Valor esperado	18.887	18.906	18.887	18.906	18.925	
Ji-cuadrado	0.0024	6.0485	0.0126	0.1922	2.3193	
DOSEL INFERIOR						
Frecuencia	8.8	20.4	18.4	15.1	11	178.4
Valor esperado	19.809	19.829	19.809	19.829	19.849	
Ji-cuadrado	6.1183	0.0165	0.1002	1.1277	3.9448	
SOTOBOSQUE						
Frecuencia	17.6	13	2.6	5.7	24.7	114.8
Valor esperado	12.747	12.76	12.747	12.76	12.773	
Ji-cuadrado	1.8476	0.0045	8.0774	3.9061	11.138	
Total	99.9	100	99.9	100	100.1	899.7

POSICION DE COP	ACRPLA30	ACRONDOS	CAMCOL05	CAMCOL10	Total
EMERGENTE					
Frecuencia	16.1	23.2	17	25.5	226.1
Valor esperado	25.105	25.131	25.156	25.08	
Ji-cuadrado	3.2303	0.1483	2.6442	0.007	
DOSEL SUPERIOR					
Frecuencia	21.4	17.9	15.1	34	210.3
Valor esperado	23.351	23.374	23.398	23.328	
Ji-cuadrado	0.163	1.2822	2.9428	4.8825	
DOSEL INTERMEDIO					
Frecuencia	23.2	12.5	18.9	19.1	170.1
Valor esperado	18.887	18.906	18.925	18.868	
Ji-cuadrado	0.9847	2.1707	336E-7	0.0028	
DOSEL INFERIOR					
Frecuencia	32.1	21.4	32.1	19.1	178.4
Valor esperado	19.809	19.829	19.849	19.789	
Ji-cuadrado	7.6263	0.1245	7.562	0.024	
SOTOBOSQUE					
Frecuencia	7.1	25	17	2.1	114.8
Valor esperado	12.747	12.76	12.773	12.734	
Ji-cuadrado	2.5017	11.742	1.3992	8.8806	
Total	99.9	100	100.1	99.8	899.7

Estadísticas para tabla de POSICIÓN DE COPA por TRATAMIENTO

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	32	131.4953	<.0001
Likelihood Ratio Chi-Square	32	134.0280	<.0001
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	3.0828	0.0791
Phi Coefficient		0.3823	
Contingency Coefficient		0.3571	
Cramer's V		0.1912	

FORMA DE COPA

FORMA DE COPA	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	ACRPLA05	ACRPLA10	Total
PERFECTA						
Frecuencia	29.2	27.8	52.6	16.7	31.5	253.4
Valor esperado	28.146	28.174	28.146	28.174	28.146	
Ji-cuadrado	0.0395	0.005	21.246	4.6731	0.3996	
BUENA						
Frecuencia	33.8	18.5	23.7	46.3	32.9	263.7
Valor esperado	29.29	29.32	29.29	29.32	29.29	
Ji-cuadrado	0.6944	3.9926	1.0669	9.8343	0.4449	
TOLERABLE						
Frecuencia	20	42.6	15.8	20.4	26	265.4
Valor esperado	29.479	29.509	29.479	29.509	29.479	
Ji-cuadrado	3.048	5.808	6.3474	2.8116	0.4106	
POBRE						
Frecuencia	10.8	9.3	5.3	14.8	4.1	81
Valor esperado	8.997	9.006	8.997	9.006	8.997	
Ji-cuadrado	0.3613	0.0096	1.5192	3.7276	2.6654	
MUY POBRE						
Frecuencia	6.2	1.9	2.6	1.9	5.5	36.8
Valor esperado	4.0875	4.0916	4.0875	4.0916	4.0875	
Ji-cuadrado	1.0917	1.1739	0.5413	1.1739	0.4881	
Total	100	100.1	100	100.1	100	900.3

Continua ...

FORMA DE COPA	ACRPLA30	ACROND05	CAMCOL05	CAMCOL10	Total
PERFECTA					
Frecuencia	16.1	10.7	23.1	45.7	253.4
Valor esperado	28.146	28.146	28.146	28.174	
Ji-cuadrado	5.1556	10.814	0.9047	10.902	
BUENA					
Frecuencia	25	33.9	19.2	30.4	263.7
Valor esperado	29.29	29.29	29.29	29.32	
Ji-cuadrado	0.6284	0.7255	3.476	0.0398	
TOLERABLE					
Frecuencia	41.1	35.7	44.2	19.6	265.4
Valor esperado	29.479	29.479	29.479	29.509	
Ji-cuadrado	4.5811	1.3128	7.3512	3.3271	
POBRE					
Frecuencia	8.9	17.9	7.7	2.2	81
Valor esperado	8.997	8.997	8.997	9.006	
Ji-cuadrado	0.001	8.81	0.187	5.1434	
MUY POBRE					
Frecuencia	8.9	1.8	5.8	2.2	36.8
Valor esperado	4.0875	4.0875	4.0875	4.0916	
Ji-cuadrado	5.666	1.2802	0.7174	0.8745	
Total	100	100	100	100.1	900.3

Estadísticas para tabla de FORMA DE COPA por TRATAMIENTO

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	32	145.4711	<.0001
Likelihood Ratio Chi-Square	32	144.4630	<.0001
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	0.4925	0.4828
Phi Coefficient		0.4020	
Contingency Coefficient		0.3730	
Cramer's V		0.2010	

ANEXO 16 - Prueba de independencia para posición y forma de copa en plantaciones en fajas de enriquecimiento de *Amburana cearensis*.

POSICIÓN DE COPA

POSICION DE COP	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	GLEOND05	GLEOND05	ACRPLA10	Total
EMERGENTE							
Frecuencia	6	5	19	17	0	2	73
Valor esperado	6.6303	6.564	6.6303	5.1054	1.525	6.6303	
Ji-cuadrado	0.0599	0.3727	23.077	27.713	1.525	3.2336	
DOSEL SUPERIOR							
Frecuencia	15	19	13	0	23	7	147
Valor esperado	13.351	13.218	13.351	10.281	3.0708	13.351	
Ji-cuadrado	0.2035	2.5293	0.0093	10.281	129.34	3.0215	
DOSEL INTERMEDIO							
Frecuencia	21	19	17	27	0	4	222
Valor esperado	20.163	19.962	20.163	15.526	4.6376	20.163	
Ji-cuadrado	0.0347	0.0463	0.4963	8.4797	4.6376	12.957	
DOSEL INFERIOR							
Frecuencia	30	20	19	17	0	22	290
Valor esperado	26.34	26.076	26.34	20.282	6.0581	26.34	
Ji-cuadrado	0.5087	1.4159	2.0452	0.531	6.0581	0.715	
SOTOBOSQUE							
Frecuencia	28	36	32	16	0	65	369
Valor esperado	33.515	33.18	33.515	25.807	7.7084	33.515	
Ji-cuadrado	0.9075	0.2397	0.0685	3.7265	7.7084	29.578	
Total	100	99	100	77	23	100	1101
POSICION DE COP	ACRPLA30	ACROND05	ACRCOLO5	CAMOND05	CAMCOL05	CAMCOL10	Total
EMERGENTE							
Frecuencia	2	13	7	0	0	2	73
Valor esperado	6.6966	6.6303	6.6966	6.6966	6.6303	6.564	
Ji-cuadrado	3.294	6.1192	0.0137	6.6966	6.6303	3.1734	
DOSEL SUPERIOR							
Frecuencia	13	10	21	7	8	11	147
Valor esperado	13.485	13.351	13.485	13.485	13.351	13.218	
Ji-cuadrado	0.0174	0.8413	4.188	3.1187	2.145	0.3722	
DOSEL INTERMEDIO							
Frecuencia	18	10	35	17	20	34	222
Valor esperado	20.365	20.163	20.365	20.365	20.163	19.962	
Ji-cuadrado	0.2747	5.1229	10.517	0.5561	0.0013	9.8723	
DOSEL INFERIOR							
Frecuencia	37	26	23	37	27	32	290
Valor esperado	26.603	26.34	26.603	26.603	26.34	26.076	
Ji-cuadrado	4.0633	0.0044	0.488	4.0633	0.0166	1.3457	
SOTOBOSQUE							
Frecuencia	31	41	15	40	45	20	369
Valor esperado	33.85	33.515	33.85	33.85	33.515	33.18	
Ji-cuadrado	0.24	1.6717	10.497	1.1173	3.9357	5.2354	
Total	101	100	101	101	100	99	1101

Estadísticas para tabla de POSICION DE COPA por TRATAMIENTO

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	44	377.1478	<.0001
Likelihood Ratio Chi-Square	44	328.2033	<.0001
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	10.1954	0.0014
Phi Coefficient		0.5853	
Contingency Coefficient		0.5051	
Cramer's V		0.2926	

FORMA DE COPA

FORMA DE COPA	GLEPLA05	GLEPLA10	GLEPLA30	GLEOND05	GLEOND05	ACRPLA10	Total
PERFECTA							
Frecuencia	12	17	17	24	0	7	133
Valor esperado	12.201	11.838	12.08	10.026	2.0536	12.08	
Ji-cuadrado	0.0033	2.2506	2.0039	19.475	2.0536	2.1362	
BUENA							
Frecuencia	25	24	29	0	17	17	217
Valor esperado	19.906	19.315	19.709	16.359	3.3506	19.709	
Ji-cuadrado	1.3033	1.1363	4.3794	16.359	55.604	0.3724	
TOLERABLE							
Frecuencia	27	24	19	24	0	26	323
Valor esperado	29.63	28.75	29.337	24.35	4.9873	29.337	
Ji-cuadrado	0.2335	0.7849	3.6423	0.005	4.9873	0.3796	
POBRE							
Frecuencia	6	17	16	22	0	15	189
Valor esperado	17.338	16.823	17.166	14.248	2.9183	17.166	
Ji-cuadrado	7.4143	0.0019	0.0792	4.2177	2.9183	0.2734	
MUY POBRE							
Frecuencia	31	16	19	13	0	35	239
Valor esperado	21.925	21.273	21.708	18.017	3.6903	21.708	
Ji-cuadrado	3.7566	1.3072	0.3377	1.3972	3.6903	8.1395	
Total	101	98	100	83	17	100	1101

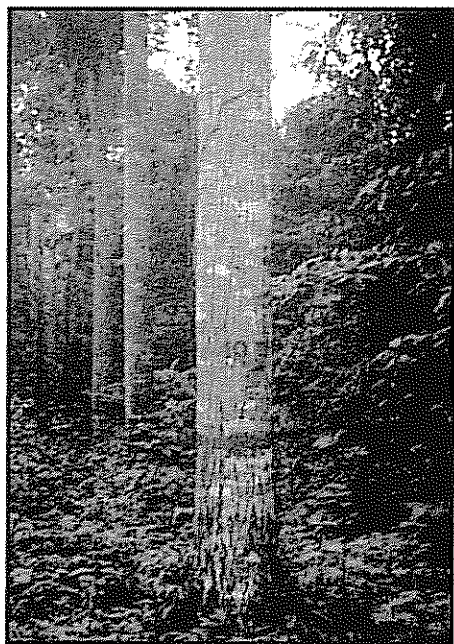
Continua ...

FORMA DE COPA	ACRPLA30	ACRONDOS	ACRCOLO5	CAMONDOS	CAMCOLOS	CAMCOL10	Total
PERFECTA							
Frecuencia	2	11	23	7	6	7	133
Valor esperado	12.08	12.201	12.08	12.201	12.08	12.08	
Ji-cuadrado	8.4111	0.1182	9.8716	2.2169	3.0601	2.1362	
BUENA							
Frecuencia	15	11	33	7	12	27	217
Valor esperado	19.709	19.906	19.709	19.906	19.709	19.709	
Ji-cuadrado	1.1253	3.9849	8.9623	8.368	3.0155	2.6969	
TOLERABLE							
Frecuencia	32	34	19	47	27	44	323
Valor esperado	29.337	29.63	29.337	29.63	29.337	29.337	
Ji-cuadrado	0.2417	0.6444	3.6423	10.182	0.1862	7.3288	
POBRE							
Frecuencia	19	24	16	20	23	11	189
Valor esperado	17.166	17.338	17.166	17.338	17.166	17.166	
Ji-cuadrado	0.1959	2.5599	0.0792	0.4088	1.9826	2.2149	
MUY POBRE							
Frecuencia	32	21	9	20	32	11	239
Valor esperado	21.708	21.925	21.708	21.925	21.708	21.708	
Ji-cuadrado	4.8801	0.039	7.439	0.1689	4.8801	5.2816	
Total	100	101	100	101	100	100	1101

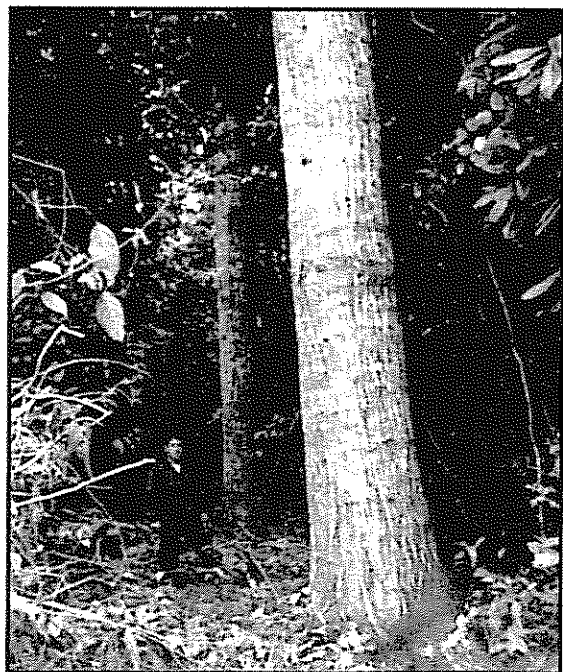
Estadísticas para tabla de FORMA DE COPA por TRATAMIENTO

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	44	256.9651	<.0001
Likelihood Ratio Chi-Square	44	260.2128	<.0001
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	3.3496	0.0672
Phi Coefficient		0.4831	
Contingency Coefficient		0.4350	
Cramer's V		0.2416	

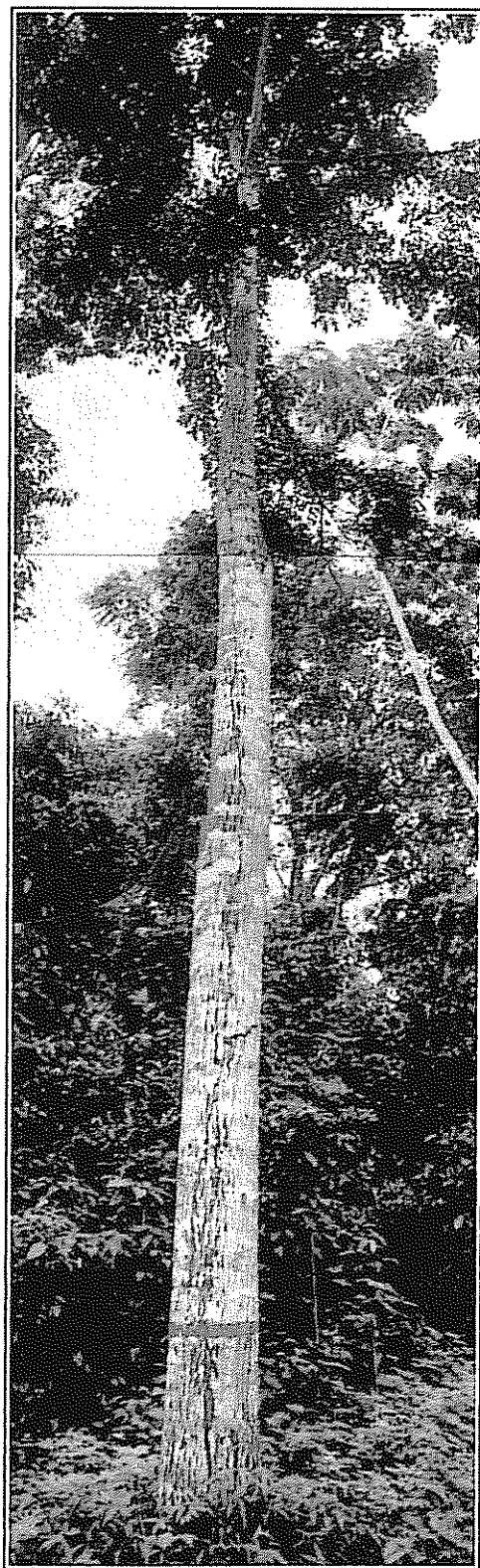
Anexo 17.- Fotografías . 1,2,3 – *Cedrelinga catenaeformis* en fajas de enriquecimiento. 4. *Aspidosperma macrocarpon* en plantaciones puras. 5. *Amburana cearensis* en plantaciones puras. 6. *Simarouba amara* en plantaciones puras.



1.



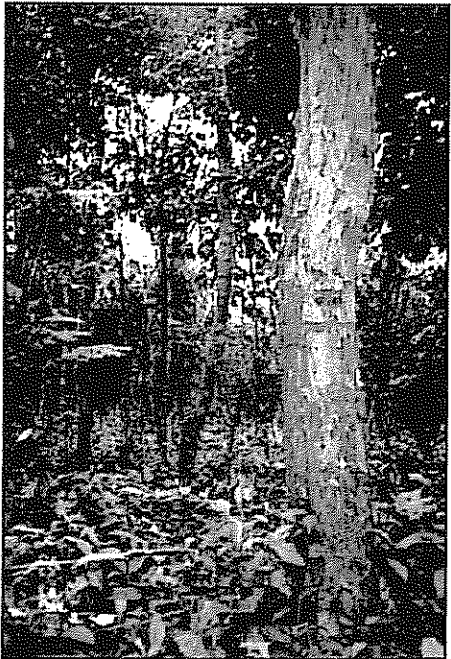
2.



3.



4.



5.



6.