

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

EFFECTO DE DOS ARREGLOS DE SIEMBRA
Y CUATRO NIVELES DE LOMBRIHUMUS SOBRE EL CRECIMIENTO DEL
CEDRO ROSADO DE LA INDIA (*Acrocarpus fraxinifolius*) EN UNA
PLANTACION DE DOS AÑOS. COMARCA LAS MERCEDES, BOACO

AUTOR:

Br. CARLOS ANDRÉS ORTEGA SOTELO

ASESORES:

Ing. MSc. ÁLVARO BENAVIDES GONZÁLEZ

Ing. MSc. JUAN JOSÉ MEMBREÑO

MANAGUA, NICARAGUA
SEPTIEMBRE, 2006

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

EFFECTO DE DOS ARREGLOS DE SIEMBRA
Y CUATRO NIVELES DE LOMBRIHUMUS SOBRE EL CRECIMIENTO DEL
CEDRO ROSADO DE LA INDIA (*Acrocarpus fraxinifolius*) EN UNA
PLANTACION DE DOS AÑOS. COMARCA LAS MERCEDES, BOACO

AUTOR:

Br. CARLOS ORTEGA SOTELO

Presentado a la consideración del
Honorable Tribunal Examinador como requisito para optar al grado de
INGENIERO AGRÓNOMO GENERALISTA

SEPTIEMBRE, NICARAGUA

SEPTIEMBRE, 2006

DEDICATORIA

Este trabajo que representa un logro muy importante en mi vida, es dedicado primeramente a *Dios* por haberme permitido culminar mis estudios, con fin profesional, inicialmente propuesto.

A mi madre Flor de María Sotelo Mora quien con amor y sacrificio me apoyó a lo largo de la trayectoria estudiantil y de este Trabajo de Diploma, ya que sin su apoyo tanto moral, como económico quizás no hubiese sido posible.

Al Lic. Frank Mena Marengo que también me apoyó en mis estudios y en este Trabajo de Diploma, moral y económicamente para que mi meta fuese posible.

Br. Carlos Andrés Ortega Sotelo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a *Dios* por darme lo necesario para culminar este trabajo de diploma.

Al *Ing. M.Sc.* Alvaro Benavides Gonzáles por su asesoría durante todo el período de investigación y por permitirme usar las herramientas necesarias para finalizar este trabajo.

Al *Ing. M.Sc.* Juan José Membreño por su ayuda y asesoría durante el período de investigación.

Al *Lic.* Frank Mena Marengo propietario de la hacienda La Cañada por facilitarme los equipos e insumos para realizar dicho trabajo.

A mi madre, quien con su ayuda ha hecho posible mi estudio profesional, logrando finalizar con el título de Ingeniero Agrónomo Generalista.

A los profesores de la Universidad Nacional Agraria que incondicionalmente me impartieron sus conocimientos.

Al programa Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) por permitir el uso de sus equipos de oficina para la conformación del presente trabajo.

Br. Carlos Andrés Ortega Sotelo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE GENERAL	<i>i</i>
CUADROS	<i>iii</i>
FIGURAS	<i>v</i>
ANEXOS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Características y dendrología del cedro rosado	4
2.2 Fertilización orgánica	8
2.3 Crecimiento y desarrollo en las plantas	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Localización del experimento	10
3.2 Material biológico	11
3.3 Descripción del experimento y tratamientos	13
3.4 Manejo agronómico	14
3.5 Variables utilizadas	15
3.6 Análisis estadístico	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1 Variables de crecimiento	17
4.1.1 Altura de árbol	17
4.1.2 Altura del fuste	18
4.1.3 Diámetro a la altura del pecho	19

4.1.4	Número de ramas	20
4.1.5	Área basal	21
4.1.6	Volumen	22
4.2	Incremento en las variables de crecimiento y rendimiento	23
4.2.1	Incremento en altura de árbol	23
4.2.2	Incremento en altura del fuste	24
4.2.3	Incremento en diámetro del fuste a la altura de pecho	24
4.2.4	Incremento en número de ramas	26
4.2.5	Incremento en área basal y volumen	27
4.3	Análisis económico de los tratamientos	29
V. CONCLUSIONES		31
VI. RECOMENDACIONES		32
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		33
VIII ANEXOS		35

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición química de lombrihumus	9
Cuadro 2. Análisis químico-físico del suelo. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	11
Cuadro 3. Características del material biológico	12
Cuadro 4. Descripción de los factores a evaluar. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	14
Cuadro 5. Dimensiones del área experimental. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	14
Cuadro 6. Comparación de valores medios para la altura de árbol (m) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (<i>A. fraxinifolius</i>) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco	18
Cuadro 7. Comparación de valores medios para la altura de fuste (m) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (<i>A. fraxinifolius</i>) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco	19
Cuadro 8. Comparación de valores medios para la variable diámetro de altura al pecho (m) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (<i>A. fraxinifolius</i>) en plantación de dos años. Finca La Cañada, comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	20
Cuadro 9. Comparación de valores medios para el número de ramas en cuatro momentos de medición en cedro rosado (<i>A. fraxinifolius</i>) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco	21

Cuadro 10.	Comparación de valores medios para el área basal (m ²) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (<i>A. fraxinifolius</i>) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	22
Cuadro 11.	Comparación de valores medios para el volumen de árbol (m ³) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (<i>A. fraxinifolius</i>) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	23
Cuadro 12.	Comparación del incremento promedio para las variables de crecimiento a partir del momento inicial y el final. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	26
Cuadro 13.	Comparación del incremento promedio para las variables de rendimiento a partir del momento inicial y el final. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	27
Cuadro 14.	Análisis económico en los tratamientos estudiados. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	30

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Promedios de temperatura (Temp) y precipitación (Prec.) en la finca La Cañada, departamento de Boaco. INETER, 2006.	10
Figura 2.	Esquema del ensayo muestreado de los Lotes de la Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	13
Figura 3.	Incremento en la altura del tallo y fuste en los tratamientos evaluados en los Lotes de la Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	24
Figura 4.	Incremento en el diámetro (DAP) y perímetro a la altura del pecho (PAP), y el número de ramas en los tratamientos evaluados en la Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco	25
Figura 5.	Incremento en el volumen en los tratamientos evaluados en la Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Figura 1a. Flor, fruto y semillas en el cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>). Fuente: SEPATRO, 2006.	36
Figura 2 a. Germinación y semillero de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>). Fuente: SEPATRO, 2006.	36
Figura 3 a. Vivero de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>). Fuente: SEPATRO, 2006.	36
Figura 4 a. Transplante y plantación en desarrollo de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>). Fuente: SEPATRO, 2006.	37
Figura 5 a. Plantación adulta de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>). Fuente: SEPATRO, 2006.	37

RESUMEN

La situación actual de algunos productores del país es crítica, debido al avance de la frontera agrícola y a los bajos rendimientos de sus cultivos, que trae como consecuencia una deforestación indiscriminada de los recursos forestales. Como alternativa ante esta problemática, surge el cedro rosado de la India (*Acrocarpus fraxinifolius*), que puede contribuir a la reforestación y al aprovechamiento sostenible de la explotación maderera. Por tanto, el presente estudio procura aportar información sobre esta especie al evaluar dos densidades de siembra (400 y 625 plantas por hectárea) y cuatro niveles de lombrihumus (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 kilogramos por planta) sobre el crecimiento de *A. fraxinifolius* de dos años. El estudio se desarrolló a partir de febrero del 2005 en la finca La Cañada, comarca Las Mercedes, departamento de Boaco. Las unidades experimentales muestreadas en los lotes con densidades de siembra establecidas fueron agrupadas en tres bloques y la fertilización fue aplicada en parcelas dentro de cada densidad de siembra, lo que correspondió a un arreglo de parcelas divididas, en las que se evaluaron las variables de crecimiento. Se realizó análisis de varianza y agrupaciones mediante LSD ($\alpha=0.05$). Las variables no tuvieron significación estadística en las densidades de siembra; pero sí en la fertilización. Se obtuvieron 7.224 m en altura de planta, 4.584 m en altura del fuste comercial, 0.11 m en el diámetro a la altura del pecho, 0.33 m en el perímetro a la altura del pecho, 35.09 unidades de ramas, 0.0085 m² de área basal y 0.0422 m³ de volumen. Los factores estudiados resultaron ser independiente. Los mayores valores en variables se alcanzaron con las dosis de lombrihumus y densidad poblacional más alta. La densidad de 625 plantas por hectáreas y 1.5 y 2.0 kilogramos por planta superaron los 30 m³ de madera. Asimismo, el mayor beneficio costo se obtuvo con la densidad de 625 y 0.5 kilogramos de lombrihumus por planta, con una ganancia de 50.27 por cada dólar invertido.

I. INTRODUCCION

El cedro rosado de la India (*Acrocarpus fraxinifolius*) es originario de las colinas del sur y Este de la India y Birmania, donde se le conoce con el nombre de Mundani. El área de distribución natural de *A. fraxinifolius*, se extiende desde los 23 a 27 grados Latitud Norte en el occidente de la India; abarca Bangladesh y el norte de Birmania, formando parte de los bosques mixtos y establecido entre 0 a 1,500 msnm. Fuera del área de distribución natural, esta especie es plantada en la India aproximadamente a 18 grados Latitud Norte y en regiones altas de Kenia, Uganda, Tanzania y Zimbawe (SEPATRO, 2006).

Otros nombres comunes para este árbol son Mundani (India), Lazcar (México), Pink Cedar (Inglaterra), y también se le conoce como fresno hindú, cedro de la India y cedro rojo (Menéndez, 2006).

El cedro rosado es un árbol que alcanza alturas de 30 a 60 metros. Su fuste es cilíndrico y limpio de ramas en $\frac{3}{4}$ partes de la altura total, y tiene un crecimiento aproximado de 3 a 5 metros por año, siendo una especie adaptable y aprovechable para diversos usos (SEPATRO, 2006). Es una leguminosa tropical de rápido crecimiento que adquiere cada vez más importancia por sus excelentes cualidades madereras, su capacidad para mejorar el suelo; es tolerante a muchas plagas, y no precisa ser podado, ya que las ramas más bajas van cayendo al suelo. Es muy adaptable en cuanto a pH y tipo de suelo, precisa una pluviometría media-alta (800 a 1,200 litros/m³/año), por lo que debe ser regado en regiones con escasa lluvia, resiste el frío moderado y heladas esporádicas gracias a su capacidad para comportarse como caducifolio en climas de tipo mediterráneo. A pesar de ser originario de regiones tropicales asiáticas, está siendo cultivado con gran éxito en

Mesoamérica y Suramérica, así como también en regiones mediterráneas (MENAGRO, 2006).

En Nicaragua, a partir de los años 50 los bosques aprovechables empezaron a ser explotados a gran escala, la población tenía empleo, pero no hubo inversión en la renovación del recurso explotado donde ha venido produciéndose una degradación paulatina del recurso forestal (INTECFOR/INATEC, 1993). La situación actual forestal en Nicaragua es grave, la deforestación ha alcanzado niveles críticos. La industria forestal en su mayor parte, es obsoleta e inadecuada y con un deficiente aprovechamiento del recurso. Todavía no se puede hablar de una producción alta y sostenida, debido a la falta de recursos para hacer de este concepto una realidad. La meta es que la legislación sea más acorde al potencial y a las necesidades de desarrollo integral y sostenido de este sector (INTECFOR/INATEC, 1993).

La producción de madera para la industria forestal en Nicaragua, ha provenido en su totalidad de bosques naturales; no obstante, tendría grandes ventajas la creación de plantaciones forestales comerciales con el fin de reducir la explotación de bosques naturales.

Tomando en cuenta estas consideraciones, el cedro rosado (*A. fraxinifolius*), es una especie introducida que puede sustituir parcialmente la explotación forestal natural por la explotación de bosques secundarios, terciarios y así sucesivamente. Por lo antes mencionado, este estudio pretende aportar información sobre el efecto de la fertilización orgánica en el cedro rosado, por lo que se proponen los objetivos siguientes:

Objetivo General:

Generar información sobre el crecimiento del cedro rosado de la India (*A. fraxinifolius*) a través del estudio de densidades de siembras y fertilización orgánica, en una plantación de dos años en la finca La Cañada, municipio de Boaco, departamento de Boaco.

Objetivos Específicos:

- Determinar el efecto de dos densidades de siembra y cuatro niveles de lombrihumus sobre variables de crecimiento en el cedro rosado de la India (*A. fraxinifolius*).
- Evaluar el efecto de los tratamientos (distancias de siembras y fertilización) sobre variables de crecimiento en el cedro rosado de la India (*A. fraxinifolius*).
- Identificar la mejor relación beneficio/costo para los tratamientos conformados en el cedro rosado de la India (*A. fraxinifolius*).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características y dendrología del cedro rosado

El cedro rosado (*A. fraxinifolius*) es un árbol de madera fina. La albura es blanca y la médula es rojiza a café con venas oscuras, dándole una apariencia muy decorativa. Al cortar el árbol, se produce un exudado como resina. Los árboles que crecen en el campo son muy variable en cuanto a su fenotipo. Su peso específico varía entre 0.55 y 0.70 g/cc. Se puede impregnar muy bien, y es fácil de trabajar (SEPATRO, 2006).

Las hojas son grandes, compuestas, bipinadas. Las flores aparecen en racimos y son de un color rojo escarlata. Generalmente, la floración ocurre en los meses de marzo y abril, en árboles que alcanzan 10 ó más años. Las vainas aplanadas de 8 a 12 cm de largo y conteniendo en promedio 10 semillas de forma ovalada y aplanada. La copa o corona es liviana y redondeada. No tiene efectos alelopáticos sobre otros cultivos. Además tiene un sistema radicular profundo (pivotante), manteniendo el suelo y mejorando la infiltración de agua. Con nódulos radiculares donde se instalan bacterias del género *Rhizobium*, con capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico (Menéndez, 2006).

Crece en suelos con un pH que va de 5.5 a 7 preferentemente. Las condiciones de suelo son de gran importancia en el desarrollo del *A. fraxinifolius*, aunque puede establecerse en la mayoría de los tipos de suelo. Los rendimientos mas satisfactorios se dan en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos, ya que las raíces llegan hasta los 4.5 m de profundidad (Menéndez, 2006).

Hasta ahora, solo se conoce la forma de propagación por semilla. Un kilogramo de semilla contiene un promedio de 32,000 unidades; comercialmente, 20,000 son viables por cada kilogramo de semilla. Las semillas sembradas sin tratamientos tienen una germinación muy pobre y heterogénea. Para lograr una germinación homogénea se recomienda sumergir la semilla en ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos para dejarla después remojándola con agua corriente por 12 horas; otro tratamiento consiste en introducir la semilla en agua a 80 °C y dejarla dentro del agua, hasta que esta se enfríe, por un período de 8 horas (SEPATRO, 2006).

En México se consideran muy pocas las plagas que afectan el cedro rosado. Las hormigas arrieras (*Atta* spp), defolian a los árboles jóvenes, controlándose con un cebo paletizado conocido como patrón (ingrediente activo sulfloramida). Otra plaga importante que construye sus galerías cubiertas sobre la corteza del tronco del árbol la constituye las termitas (*Cryptotermes brevis* y *Nasutitermis corniger*), las cuales también atacan la madera sin tratamiento. Las tuzas o taltuzas (*Orthogeomys heterodus*) es un roedor que causa el mayor daño en el campo forestal, tanto por el consumo de plantas como por la destrucción de raíces de los árboles jóvenes, incluso llegan a roer las raíces de los árboles adultos, provocando su caída. El control para estos roedores es difícil, pero puede hacerse con trampas y cebos envenenados. Entre los enemigos naturales de las tuzas se encuentran las víboras, comadreja, mapaches, tejones y coyotes (Menéndez, 2006).

Este árbol tiene un extraordinario desarrollo cuando se expone a plena luz solar, ya que es una especie heliófila, con temperaturas de los 12 a 35 °C y una humedad relativa que oscile entre 50 y 85 % (Menéndez, 2006).

El crecimiento y desarrollo es rápido, observándose un desarrollo vertical, en los mejores lugares, de hasta 8.5 m en los primeros 12 meses, con un crecimiento normal entre los 5 y 7 m al año de sembrado. A los dos años puede alcanzar un promedio de 12.75 m de alturas y 11.05 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), con un rendimiento de 47.5 m³ por ha/año (SEPATRO, 2006).

En Zambia en cultivos experimentales de *A. fraxinifolius* de 2 a 4 años de edad, se comprobó un crecimiento vertical anual de 1.3 a 3 m, y en un cultivo de 23 años, y la altura media observada fue de 26 m. En condiciones ambientales favorables se puede contar con incrementos en volumen de 10 m³/ha/año (SEPATRO, 2006).

El uso de especies introducidas ofrece en muchos casos, ventajas comparativas en velocidad de crecimientos y tiempos de aprovechamientos más cortos que son fundamentales para desarrollar proyectos finalmente viables. Por dar un ejemplo en el trópico, con el uso de especies nativas podrían obtenerse incrementos anuales del orden de 5 a 10 m³/ha/año, y tiempos mínimos de 15 a 20 años, mientras que con especies introducidas como el cedro rosado, los crecimientos serían de 30 a 50 m³/ha/año y tiempos de aprovechamientos se reducirían de 7 a 10 años. Su futuro como cultivo maderero, en solitario o asociado a otros cultivos como los cafetales, así como para repoblación forestal es muy prometedor. Es utilizada para muebles, acabados finos, madera para construcción, pisos, escaleras, puertas, cajas de té, etc. (SEPATRO, 2006).

En México y Guatemala, *A. Fraxinifolius* está difundido debido a las características impresionantes que posee, han tenido buenos resultados en su desarrollo usando distancias de siembra de 3 x 3, y de 4 x 4 m en las plantaciones con fertilización química (MENAGRO, 2006). También han practicado distancias de 7 x 7 y 8 x 8 m,

pero en arreglos agroforestales para generar sombra, en cultivos como café, cacao, entre otros (SEPATRO, 2006).

El cedro rosado es un árbol grande que en México llega a alcanzar en las regiones cafetaleras los 35 m de altura y es muy usado en proyectos agroforestales. A la altura del pecho alcanza diámetros de 0.80 a 1.10 m. La característica principal del cedro rosado, además de su rápido crecimiento, es que es un árbol de un solo tronco, de fuste recto y limpio, pudiendo alcanzar 18 m de altura de aprovechamiento para madera aserrada (Menéndez, 2006).

El cedro rosado pesa en promedio 690 kg/m^3 al 12 % de contenido de humedad y se comporta muy bien en el secado. Se ha encontrado que a mayor peso específico, mayor es la longitud de las fibras y que a mayor altura en el tronco, disminuye el peso específico de la madera; la cual es de gran utilidad, suficientemente dura pero fácil de trabajar y en general, produce una superficie lisa de buen acabado (Menéndez, 2006).

En las plantaciones forestales, la fertilización orgánica es la de mayor importancia debido a que los árboles pueden aprovecharla por un período mayor (siempre y cuando las condiciones edafoclimáticas sean las adecuadas), ya que los fertilizantes químicos tienen características contrarias a los antes mencionados.

2.2 Fertilización orgánica

Los abonos orgánicos son de gran importancia para los cultivos ya que mejoran las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, su capacidad de absorber el oxígeno y el balance de humedad. El uso de abonos orgánicos es limitado en muchos casos por la falta de información en las instituciones, quienes pagan altos costos por los fertilizantes sintéticos. Los abonos orgánicos son una alternativa económica y viable para terminar paulatinamente con la dependencia de los abonos sintéticos (Galeano, 2001).

El lombrihumus es el producto que resulta de la transformación de la materia orgánica por medio de lombrices, para lo cual se cultivan industrialmente estos anélidos que transforman grandes cantidades de materia orgánica en un relativo corto espacio de tiempo (Bollo, 2005). Chavarría *et al.*, (2001), afirma que el humus de lombriz es el producto final de su digestión y constituye un excelente regenerador orgánico del suelo, mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

El lombrihumus es conocido con muchos nombres comerciales en el mundo como lombricultura, vermicultura, casting, lombricompost y otros nombres comerciales dependiendo de la casa y país que lo produzca. Se considera que el lombrihumus es el mejor abono orgánico (Galeano, 2001).

El humus de la lombriz está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de estos elementos dependen de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de las lombrices (Chavarría, 2001).

Según informes técnicos el lombrihumus contiene: 5 veces más nitrógeno; 7 veces más fósforo; 5 veces más potasio y 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron (Bollo, 2005), lo que incide en el crecimiento y desarrollo de las plantas. El Cuadro 1, resume las características químicas de lombrihumus.

Cuadro 1. Composición química de lombrihumus

Contenido	Composición	Contenido	Composición
Humedad	30-60 %	pH	6.8-7.2
Nitrógeno	1.0-2.6 %	Fósforo	2.0-8.0 %
Potasio	1.0-2.5 %	Calcio	2.0-8.0 %
Magnesio	1.0-2.5 %	Materia orgánica	30.0-70.0 %
Carbono orgánico	14-30 %	Ácido fúlvicos	2.8-5.8 %
Ácido húmico-fúlvico	1.5-3 %	Sodio	0.02 %
Cobre	0.05 %	Hierro	0.02 %
Manganeso	0.006 %	Relación C:N	10.0-11.0 %

Fuente: lombriz@lycos.com

2.3 Crecimiento y desarrollo en las plantas

Se entiende crecimiento al cambio en volumen, dicho fenómeno cuantitativo puede medirse basándose en algunos parámetros como el diámetro y longitud del fuste, en cambio el desarrollo es un fenómeno cualitativo que se basa en proceso de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos conformados por una serie de fenómenos sucesivos (López *et al.*, 1985).

El crecimiento y desarrollo de las plantas dependen de las condiciones edafoclimáticas, bióticas y de la especie en estudio, las que no deben considerarse de forma independiente (Chow, 1990). Por otro lado, el CATIE (2001), lo define como el aumento de tamaño en el tiempo, y se puede expresar en términos de diámetro, altura, área basal y volumen.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El estudio se llevó a efecto en la finca La Cañada, comarca las Mercedes, departamento de Boaco, a 32 km de la ciudad de Boaco. En las coordenadas 12° 76' 50" latitud Norte y 85 ° 72' 23" longitud Oeste. Los suelos son franco-arcillosos, pendiente entre 2 y 6 %. La precipitación es de 1,800 a 2,200 mm anual, altitud de 620 msnm y temperatura media entre 20 y 28 °C.

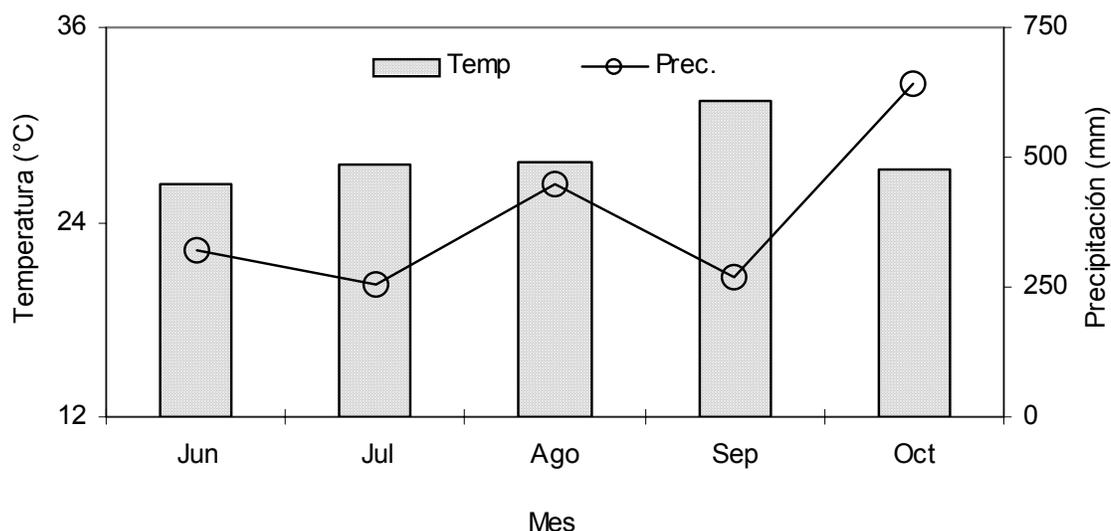


Figura 1. Promedios de temperatura (Temp) y precipitación (Prec.) en la finca La Cañada, departamento de Boaco. INETER, 2006

La propiedad pertenece al Licenciado Frank Mena Marengo quien estableció la plantación en abril del 2003, con un área total de 112.42 hectáreas. De esta el 70 % del área corresponde a la densidad de siembra de 625 ptas/ha y el lote restante a 400 ptas/ha. El estudio se realizó a los dos años después del establecimiento de los lotes (Figura 2, Cuadro 5).

Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA, 2006). En el Cuadro 2 se presentan dichas características.

Cuadro 2. Análisis químico-físico del suelo. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.

pH (H ₂ O)	MO %	N %	P ppm	(Meq/100 g) K	Partículas (%)		
					Arcilla	Limo	Arena
6.1	1.22	0.07	9.77	0.61	36	37	27

Según los rangos propuestos por Quintana *et al.*, (1992). Los resultados del Cuadro 2 se pueden interpretar de la siguiente manera: pH ligeramente ácido, materia orgánica (MO) media, nitrógeno (N) pobre, fósforo (P) pobre, potasio (K) alto, y suelo franco-arcilloso.

3.2 Material biológico

El material biológico utilizado fue el cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), el cual presenta hojas bipinaticompuesta representado aproximadamente de 3 a 4 pares de pinas, altura de 30 a 60 m. La madera es de color blancuzco, el duramen es de color rojo claro. Dureza y resistencia mediana. La madera se puede trabajar con facilidad y no presenta problemas para ser torneada, cepillada y pulida (SEPATRO, 2006). Es utilizada para acabado de interiores finos, para muebles, chapas, entablillado de techos, construcciones, pisos, escaleras, puertas, cajas de té, etc. Algunas características relevantes del material biológico se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características del material biológico

Características	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>
Desarrollo medio primer año	3 - 8 metros
Desarrollo medio primer rebrote	6 - 9 metros
Record absoluto primer año	+ 10 metros
Importancia material selecto	Muy alta
Tolerancia suelos arcillosos	Normal – alta
Tolerancia suelos arenosos	Muy alta
Tolerancia suelos limosos	Muy alta
Suelo más Recomendado	Arenoso - limoso - arcilloso
Tolerancia suelos superficiales	Buena
Tolerancia suelos encharcados	Muy baja
Tolerancia heladas invernales	Nula
Tolerancia heladas tardías primaverales	Nula
Inoculación micorrizas	Muy positivo
Inoculación <i>rizobium</i>	Indiferente
Autopoda	Sí
Aportes de materia orgánica (ramas)	Medio – bajo
Aporte de materia orgánica (hojas)	Normal – estacional
Aporte de materia orgánica (flores, semillas, cápsulas)	Alto – estacional
Resistencia al viento	Muy alta
Resistencia a la sequía	Alta
Tolerancia suelos alcalinos	Media
Tolerancia suelos ácidos	Alta
Tolerancia salinidad	Baja
Melífero (miel)	Muy productivo
Valor de la madera	Medio – alto
Calidad de la madera	Muy alta
Resinoso	Sí
Excluyente – competitivo	Muy poco
Apto sistemas agroforestales	Muy apto
Apto sistemas agropecuarios	Muy apto
Regenerador de suelos	Muy efectivo
Demanda de luz	Muy alta
Demanda de agua	Media
Demanda de nutrientes	Media – alta
Potencial invasivo	Prácticamente nulo

Fuente: <http://www.xerics.com/acrocarpus.html>

3.3 Descripción del experimento y tratamientos

En el campo experimental, se seleccionaron los lotes con distancias entre plantas de 4x4 y 5x5 (densidades de 625 y 400 plantas /ha), y sobre estos se delimitaron 3 réplicas (I, II y III) y se azarizaron 5 niveles de fertilización orgánica (lombrihumus), incluyendo al testigo en cada réplica. Se muestrearon 18 observaciones o árboles en la parcela útil de cada unidad experimental. Las unidades experimentales se agruparon de tal forma que el experimento semejara un diseño de Bloques completos al azar con arreglos en parcelas divididas con tres réplicas. Se tomaron como parcelas grandes las distancias de siembra y en las parcelas pequeñas los niveles de fertilización (Figura 2, Cuadro 4).

El arreglo del ensayo y muestreo de las unidades experimentales y bloqueo se presentan en la Figura 2.

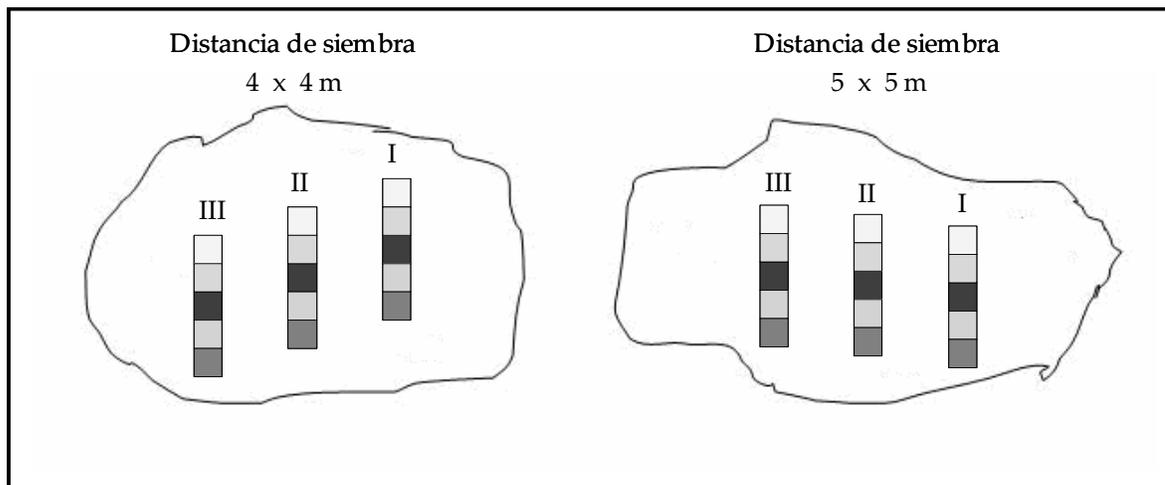


Figura 2. Esquema del ensayo muestreado en los Lotes de la finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.

Cuadro 4. Descripción de los factores a evaluar. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

	Densidad poblacional (plantas ha ⁻¹)	Fertilización orgánica (kg / planta)
Nivel	a1. 625 (4 x 4 m)	b1. 0.0 *
		b2. 0.5
	a2. 400 (5 x 5 m)	b3. 1.0
		b4. 1.5
		b5. 2.0

* Control

Los tratamientos se delimitaron sobre 30 parcelas experimentales en los tres bloques y con un espacio entre bloques de 4 m. La parcela experimental estuvo constituida por 5 surcos de 24 m de longitud separados entre sí a 4 m. El área de muestreo (parcela útil) fueron los tres surcos centrales dejando 4 metro como efecto de borde. El área total fue de 24,576 m² (Cuadro 5).

Cuadro 5. Dimensiones del área experimental. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Componente	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Total	512	48	24,576
Bloque (1)	160	25	4000
Parcela exp.	32	25	800
Parcela útil (4x4)	24	12	288
Parcela útil (5x5)	30	15	450

3.4 Manejo agronómico

El manejo agronómico se realizó según las recomendaciones propuestas por el productor. La fertilización consistió en cinco niveles que se evaluaron con mayor precisión que las densidades poblacionales y fue aplicada de forma fraccionada al momento del establecimiento del ensayo.

3.5 Variables evaluadas

Las variables de crecimiento fueron evaluadas en diferentes momentos: a los meses después de dos años (donde se tomo como punto inicial el 15 de febrero del 2005) 2.5 (29 de mayo), 5.0 (16 de agosto), 7.5 (30 de noviembre) y 10.0 (14 de febrero). Dichas variables son propuestas por INTECFOR/INATEC (1993) y Reiche *et al.*, (1991).

Altura del árbol. Se midió en metros (m) desde la superficie del suelo hasta el ápice de la copa.

Altura del fuste. Se midió en m desde la superficie del suelo hasta la primera rama.

Diámetro del fuste. Se midió en m a la altura pecho (1.3 m). Se determinó también el incremento del diámetro a partir del segundo momento de evaluación en las diferentes fechas.

Número de ramas. Se contaron las ramas en cada uno de los árboles de la parcela útil.

Área basal. Se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$ab = \pi / 4 \times DAP^2$$

Donde DAP es el diámetro a la altura del pecho elevado al cuadrado.

Volumen. El volumen individual por árbol se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$V = ab \times h \times 0.7$$

Donde **ab** es el área basal, **h** es la altura total del árbol y **0.7** es una constante (coeficiente fijo que corresponde al peso específico).

De igual manera, el volumen por tratamiento y hectárea fue conformado tomando en cuenta el volumen promedio individual de cada tratamiento multiplicado por la densidad poblacional (número de árboles) en una hectárea.

A partir de la evaluación inicial y la final considerada, se determinó el incremento de cada una de las variables antes mencionadas (evaluación final – evaluación inicial).

3.6 Análisis estadístico

La base de datos fue manejada en hojas electrónicas (Excel), procesada y analizada con SAS (v. 8.0). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) sobre las variables evaluadas, estableciéndose el siguiente Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + \varepsilon_{ik} + \alpha_j + (\tau\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

En donde,

Y_{ijk}	Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado
μ	Es el efecto de la media muestral
β_k	Es el efecto del k -ésimo bloque conformado
τ_i	Es el efecto de la i -ésima densidad de siembra (400 y 625 plantas /ha)
ε_{ik}	Es la variación aleatoria para evaluar bloque y densidad de siembra
α_j	Es el efecto de la j -ésima fertilización orgánica (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 kg de lombrihumus / planta)
$(\tau\alpha)_{jk}$	Es el efecto de la i -ésima densidad de siembra y la j -ésima fertilización orgánica
ε_{ijk}	Es la variación aleatoria para evaluar la fertilización orgánica e interacción

Con el objetivo de determinar las categorías estadísticas en los niveles de cada factor y variable evaluada se procedió a realizar la prueba de rangos múltiples LSD ($\alpha=0.05$), y se determinó su criterio de comparación o mínima diferencia estadística.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de crecimiento

El crecimiento es el aumento gradual del individuo o de un grupo de individuos en toda su etapa de desarrollo; por lo tanto el crecimiento es una etapa esencial en el manejo forestal (Prodan *et al.*, 1997). Por otro lado, Hughell (1991), indica que es el aumento de tamaño o aumento de la biomasa, y en la producción de madera se considera la parte utilizable del árbol, y expresada en volumen.

Las leñosas perennes pueden encontrarse en una gran diversidad de suelo, muchas de ellas pueden crecer en suelos con fertilidad moderadamente bajo; sin embargo, independientemente de los mecanismos que tenga esta especie, requiere de fertilidad (Pezo *et al.*, 1993). Las exigencias para el desarrollo vegetal se puede concretar en unas condiciones básicas de carácter climatológicas y edafológicas centradas en la disponibilidad de todos y cada una de los elementos nutritivos (Domínguez, 1996).

4.1.1 Altura de árbol

No se encontraron diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) en el factor densidad, no así en los niveles de fertilización ($Pr < 0.05$). En el Cuadro 6, se observa que la mayor densidad (625 ptas/ha) obtiene la mayor altura promedio con 7.079 m a los 10.5 meses. La mayor altura promedio de 7.224 m se obtuvo cuando se hizo uso de la mayor dosis de fertilizante orgánico (2 kg/pta de lombrihumus), en la cuarta evaluación con diferencia significativa ($Pr < 0.05$) sobre las tres menores dosis incluyendo al testigo. Según Ede (1989), cuando está presente el nitrógeno en cantidades adecuadas es propenso a mostrar un mayor desarrollo.

Cuadro 6. Comparación de valores medios para la altura de árbol (m) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (*A. fraxinifolius*) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Momentos de evaluación (meses después del establecimiento)				
	Inicial*	2.5	5.0	7.5	10.0
Densidad	a1 4.399	a1 5.026 a	a1 5.917 a	a1 6.574 a	a1 7.079 a
	a2 4.391	a2 4.890 a	a2 5.679 a	a2 6.215 a	a2 6.523 a
LSD		0.7745	0.7803	0.5273	1.3011
Fertilización	b4 4.6139	b4 5.232 a	b4 6.028 a	b5 6.798 a	b5 7.224 a
	b5 4.5577	b5 5.080 a	b5 6.022 a	b4 6.654 ab	b4 7.044 ab
	b2 4.2741	b2 4.863 a	b2 5.736 a	b2 6.317 bc	b2 6.710 b
	b3 4.2363	b3 4.862 a	b3 5.734 a	b3 6.313 bc	b3 6.665 b
	b1 4.2926	b1 4.862 a	b1 5.733 a	b1 6.2717 c	b1 6.567 b
LSD		0.5322	0.4565	0.4719	0.4813

a1 = 625 (4x4) plantas ha⁻¹, a2 = 400 (5x5) plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

* Es el momento cero (evaluación inicial sin tratamientos)

4.1.2 Altura del fuste

La altura del fuste no fue afectada significativamente por la densidades de siembra ($Pr > 0.05$) en los cuatro momentos de evaluación. En el Cuadro 7 se muestra que el mayor valor promedio para esta variable se obtuvo a los 10 meses de evaluación con la mayor densidad poblacional (625 pta/ha) y corresponde a 4.445 m y de menor densidad promedio de 400 pta/ha con un valor de 4.209 m. También se muestra que la mayor dosis de abono orgánico correspondiente a 2 kg/pta de lombrihumus es la que obtuvo mayor altura con 4.584 m mostrando diferencia significativa ($Pr < 0.05$) sobre la menor dosis (0 kg/pta de lombrihumus).

Según Lalatta (1998), el hierro (Fe) que esta contenido en el humus de lombriz, cataliza los procesos de fotosíntesis, respiración y oxido-reducción, lo que interviene en el crecimiento longitudinal de los árboles.

Cuadro 7. Comparación de valores medios para la altura de fuste (m) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (*A. fraxinifolius*) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Momentos de evaluación (meses después del establecimiento)				
	Inicial*	2.5	5.0	7.5	10.0
Densidad	a2 2.937	a2 3.757 a	a2 4.068 a	a1 4.255 a	a1 4.445 a
	a1 2.829	a1 3.580 a	a1 4.063 a	a2 4.089 a	a2 4.209 a
LSD		0.5524	0.5925	0.4382	0.4297
Fertilización	b4 2.926	b4 3.742 a	b4 4.214 a	b5 4.464 a	b5 4.584 a
	b5 2.963	b5 3.698 a	b5 4.208 a	b4 4.392 ab	b4 4.576 a
	b2 2.884	b2 3.665 a	b2 4.002 a	b2 4.134 abc	b3 4.255 ab
	b3 2.817	b3 3.645 a	b3 3.982 a	b3 4.030 bc	b2 4.233 ab
	b1 2.823	b1 3.592 a	b1 3.970 a	b1 3.952 c	b1 4.112 b
LSD		0.3654	0.4039	0.3718	0.4297

a1 = 625 (4x4) plantas ha⁻¹, a2 = 400 (5x5) plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

* Es el momento cero (evaluación inicial sin tratamientos)

4.1.3 Diámetro a la altura del pecho

El mayor diámetro a la altura del pecho se obtuvo en la mayor densidad con 0.105 m, aunque no fueron significativos ($Pr > 0.05$), predominando a lo largo del ensayo, a excepción de la tercera evaluación (Cuadro 8). La dosis de 2 kg pta de lombrihumus es la que presentó el mayor diámetro con un valor de 0.110 m, mostrando significación estadística ($Pr < 0.05$) sobre las menores dosis, especialmente sobre el testigo (0 kg/pta de lombrihumus) con un valor de 0.096 m.

Según Bonnet (1967), el crecimiento en el diámetro del fuste es atribuible a la división y expansión de las células de una capa de cambium, localizado entre la corteza y la madera; debido a que el calcio (Ca) es el principal elemento que provoca la multiplicación de las células.

Cuadro 8. Comparación de valores medios para la variable diámetro de altura al pecho (m) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (*A. fraxinifolius*) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Momentos de evaluación (meses después del establecimiento)				
	Inicial*	2.5	5.0	7.5	10.0
Densidad	a1 0.0619	a1 0.069 a	a1 0.0726 a	a2 0.086 a	a1 0.105 a
	a2 0.0593	a2 0.064 a	a2 0.0654 a	a1 0.083 a	a2 0.097 a
LSD		0.0103	0.0258	0.0208	0.0171
Fertilización	b4 0.0645	b4 0.070 a	b5 0.076 a	b5 0.090 a	b5 0.110 a
	b5 0.0632	b5 0.068 a	b4 0.072 ab	b3 0.088 a	b4 0.106 ab
	b3 0.0573	b3 0.066 a	b3 0.068 ab	b4 0.086 a	b3 0.102 bc
	b2 0.0595	b2 0.065 a	b2 0.067 b	b1 0.087 a	b2 0.097 c
	b1 0.0586	b1 0.065 a	b1 0.065 b	b2 0.078 a	b1 0.097 c
LSD		0.0089	0.0083	0.0143	0.0055

a1 = 625 (4x4) plantas ha⁻¹, a2 = 400 (5x5) plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

* Es el momento cero (evaluación inicial sin tratamientos)

4.1.4 Número de ramas

En el Cuadro 9, se muestra que la densidad de 625 pta/ha presentó el más alto valor promedio para esta variable con 36.426 ramas (tercera evaluación) y 34.673 ramas (cuarta evaluación) dejando por debajo de esta cifra a la densidad menor.

El mayor número de ramas promedio fue de 35.098 ramas (cuarta evaluación) para la dosis de fertilizante orgánico (lombrihumus) de 2 kg/pta mostrando una alta significación estadística ($Pr < 0.05$) sobre las tres menores dosis, principalmente sobre el testigo. Según Coletto, (1989) en condiciones favorables de nutrición las plantas inhiben su dominancia apical provocando un desarrollo generalizado de los brotes laterales. El boro (B) que esta contenido en el lombrihumus, ayuda al crecimiento de los tejidos y multiplicación de las ramas (Choucair, 1990).

Cuadro 9. Comparación de valores medios para el número de ramas en cuatro momentos de medición en cedro rosado (*A. fraxinifolius*) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Momentos de evaluación (meses después del establecimiento)				
	Inicial*	2.5	5.0	7.5	10.0
Densidad	a1 20.9222	a1 21.836 a	a2 30.228 a	a1 36.426 a	a1 34.673 a
	a2 18.9556	a2 21.262 a	a1 29.666 a	a2 31.535 a	a2 29.569 a
LSD		5.6242	4.8579	12.343	5.7377
Fertilización	b5 20.4629	b5 23.342 a	b5 32.376 a	b5 35.978 a	b5 35.098 a
	b4 21.5370	b4 22.972 a	b2 30.027 a	b4 35.178 a	b4 33.878 ab
	b3 18.6389	b3 21.618 a	b4 29.658 a	b2 33.833 a	b2 32.368 bc
	b1 19.9629	b1 20.110 a	b1 28.966 a	b3 33.567 a	b3 31.002 cd
	b2 19.0026	b2 19.703 a	b3 28.855 a	b1 32.693 a	b1 29.900 d
LSD		3.9245	4.0007	5.4256	2.41087

a1 = 625 (4x4) plantas ha⁻¹, a2 = 400 (5x5) plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

* Es el momento cero (evaluación inicial sin tratamientos)

4.1.5 Área basal

No observó efecto significativo ($Pr > 0.05$) en esta variable, en donde la mayor densidad presenta mayor área basal con 0.0082 m² ante la menor densidad con 0.0077 m² (Cuadro 10).

Para el factor fertilización la dosis de 2 kg/pta de lombrihumus presentó la mayor área basal durante casi todo el estudio con un valor de 0.0070 m² y 0.0085 m² en la tercera y cuarta evaluación respectivamente, mostrando significación estadística ($Pr < 0.05$) sobre la menor dosis (0 kg/pta de lombrihumus).

Según Lalatta (1998), el fósforo (P) presente en el humus de lombriz, domina el bioquimismo de los compuestos nitrogenados, regula el metabolismo y el recambio energético activando el proceso reproductivo celular (crecimiento vegetal).

Cuadro 10. Comparación de valores medios para el área basal (m²) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (*A. fraxinifolius*) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Momentos de evaluación (meses después del establecimiento)				
	Inicial*	2.5	5.0	7.5	10.0
Densidad	0.0032	a1 0.0053 a	a1 0.0056 a	a2 0.0066 a	a1 0.0083 a
	0.0029	a2 0.0050 a	a2 0.0051 a	a1 0.0067 a	a2 0.0077 a
LSD		0.00095	0.00015	0.000020	0.00014
Fertilización	0.0035	b4 0.0055 a	b5 0.0059 a	b5 0.0071 a	b5 0.0085 a
	0.0032	b5 0.0054 a	b4 0.0056 ab	b4 0.0068 a	b4 0.0083 ab
	0.0029	b2 0.0050 a	b2 0.0054 ab	b3 0.0068 a	b2 0.0079 bc
	0.0027	b3 0.0049 a	b3 0.0051 b	b2 0.0064 a	b3 0.0079 bc
	0.0028	b1 0.0049 a	b1 0.0050 b	b1 0.0062 a	b1 0.0076c
LSD		0.00066	0.00069	0.00108	0.00054

a1 = 625 (4x4) plantas ha⁻¹, a2 = 400 (5x5) plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg / planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

* Es el momento cero (evaluación inicial sin tratamientos)

4.1.6 Volumen

En el cuadro se observa que no existen diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$). El mayor valor promedio se obtuvo con la mayor densidad poblacional (625 pta/ha) con un volumen de 0.0422 m³ en la cuarta evaluación y el menor promedio correspondió a la menor densidad poblacional de 0.366 m³ (Cuadro 11).

Las dosis de 2 y 1.5 kg/pta de lombrihumus presentan valores promedios similares durante el ensayo donde exhibieron el mayor volumen con diferencias altamente significativas sobre las densidades menores. Según Ede (1989), plantaciones muy densas precisan mayores niveles de abonados.

Cuadro 11. Comparación de valores medios para el volumen de árbol (m³) en cuatro momentos de medición en cedro rosado (*A. fraxinifolius*) en plantación de dos años. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Momentos de evaluación (meses después del establecimiento)				
	Inicial*	2.5	5.0	7.5	10.0
Densidad	0.01022	a1 0.0187 a	a1 0.0239 a	a1 0.0308 a	a1 0.0423 a
	0.00952	a2 0.0182 a	a2 0.0211 a	a2 0.0307 a	a2 0.0366 a
LSD		0.00538	0.00759	0.01062	0.01315
Fertilización	0.01200	b4 0.0209 a	b5 0.0256 a	b5 0.0341 a	b4 0.0444 a
	0.01087	b5 0.0198 a	b4 0.0245 ab	b4 0.0326 a	b5 0.0437 a
	0.00903	b2 0.0174 a	b2 0.0224 ab	b3 0.0302 a	b2 0.385 ab
	0.00882	b1 0.0173 a	b3 0.0209 b	b1 0.0289 a	b3 0.0378 ab
	0.00863	b3 0.01608 a	b1 0.0205 b	b2 0.0284 a	b1 0.0359 b
LSD		0.00449	0.00428	0.00659	0.00666

a1 = 625 (4x4) plantas ha⁻¹, a2 = 400 (5x5) plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 = 1.0, b4 = 1.5 y b5 = 2.0 kg planta de lombríhumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

* Es el momento cero (evaluación inicial sin tratamientos)

4.2 Incremento en las variables de crecimiento

4.2.1 Incremento en altura de árbol

En el cuadro se observa que la mayor densidad (625 pta/ha) presenta la mayor altura promedio con 2.974 m, pero sin presentar significación estadística ($Pr > 0.05$).

La mayor altura promedio de 3.45 m se obtuvo cuando se hizo uso de la dosis 1.5 kg/pta de lombríhumus, y la menor altura promedio de 2.33 m corresponde al testigo (Cuadro 12).

Estos resultados contrastan con estudios realizados en Zambia, en el cual se comprobó que *A. fraxinifolius* con edades entre de 2 y 4 años, presentó un crecimiento vertical anual de 1.3 a 3 m (SEPATRO, 2006).

4.2.2 Incremento en altura del fuste

En el cuadro 12 se observa que el mayor valor promedio de altura del fuste se obtuvo con la mayor densidad poblacional de 625 pta/ha correspondiente a 1.616 m y el menor valor promedio con la menor densidad poblacional de 400 pta/ha con un valor de 1.281 m. También muestra que la dosis de 1.5 kg/pta de lombrihumus es la que obtuvo la mayor altura de fuste comercial con un valor de 1.697 m lo que demuestra significación estadística junto con la dosis de 2 kg/pta de lombrihumus con valor promedio de 1.591 m sobre el tratamiento control ó testigo (0 kg/pta de lombrihumus).

4.2.3 Incremento en diámetro del fuste a la altura de pecho

El mayor diámetro a la altura del pecho de la planta se apreció en la mayor densidad con un valor promedio de 0.042 m y el menor diámetro de 0.039 m para la densidad de 400 pta/ha.

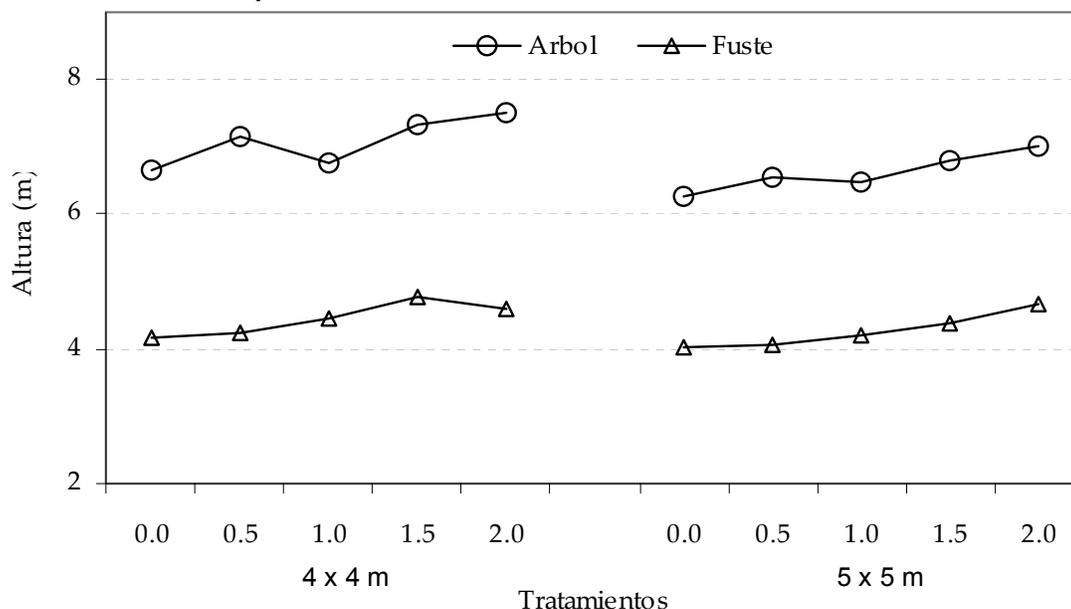


Figura 3. Incremento en la altura del tallo y fuste en los tratamientos evaluados en los lotes de la finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.

La dosis de 2 kg/pta de lombrihumus es la que presentó el mayor diámetro a la altura del pecho de la planta con un valor de 0.044 m y 0.03 m para la dosis de 0.5 kg/pta de lombrihumus con el menor promedio (Cuadro 12).

En la Figura 3, se observa que el mejor tratamiento en cuanto a la altura de planta fue el de 625 ptas/ha con 2 kg/pta de lombrihumus, dejando por debajo al resto de los tratamientos.

Por otro lado, el mejor tratamiento para la altura del fuste fueron los de 625 ptas/ha con 1.5 kg/pta y 2 kg/pta de lombrihumus, respectivamente; además se observa que el comportamiento es lineal.

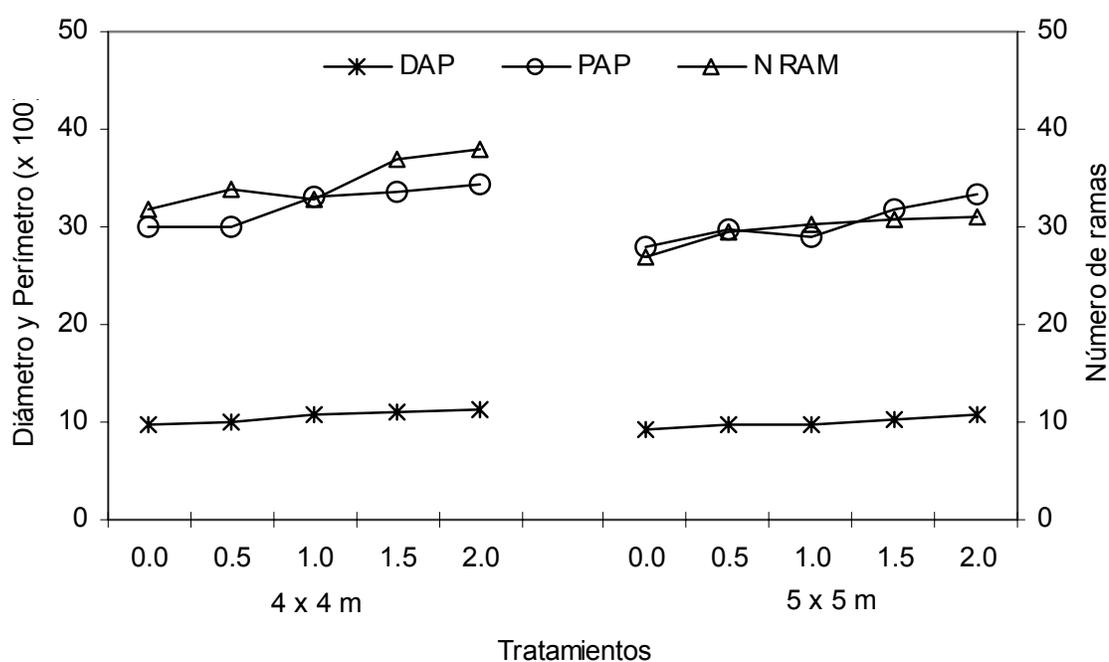


Figura 4. Incremento en el diámetro (DAP) y perímetro a la altura del pecho (PAP), y el número de ramas en los tratamientos evaluados en la finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco.

Se muestra en la Figura 4, que el mejor tratamiento en cuanto al diámetro es el de 625 ptas/ha con 2 kg/pta de lombrihumus, además se percibe que el comportamiento es lineal. El tratamiento de 625 ptas/ha con 2 kg/pta de lombrihumus es el que resultó mejor en cuanto al perímetro. Para la variable número ramas el tratamiento con mejor resultado fue el de 625 ptas/ha con 2 kg/pta de lombrihumus.

4.2.5 Incremento en número de ramas

En el cuadro 12 se muestra que la mayor densidad poblacional de 625 pta/ha presentó el mas alto valor promedio para esta variable con 13.75 ramas y el menor valor promedio 10.74 ramas correspondió a la densidad de 400 pta/ha (Cuadro 13). Los niveles de fertilización sí mostraron diferencias significativas ($Pr < 0.05$), siendo el nivel mas efectivo el de 2 kg/pta de lombrihumus con 13.87 ramas y el menor valor de 10.80 ramas correspondió al nivel más inferior (testigo).

Cuadro 12. Comparación del incremento promedio para las variables de crecimiento a partir del momento inicial y el final. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

	Variables de crecimiento (m)			
	Altura de planta	Altura de Fuste	Diámetro al Pecho	Número de Ramas
Densidad	a1 2.974 a	a1 1.616 a	a1 0.043 a	a1 13.752 a
	a2 2.183 a	a2 1.281 a	a2 0.039 a	a2 10.740 a
LSD	1.4052	0.2969	0.0103	4.1209
Fertilización	b4 3.450 a	b4 1.697 a	b5 0.044 a	b5 13.878 a
	b5 2.585 a	b5 1.592 a	b4 0.043 a	b4 12.611 ab
	b2 2.415 a	b3 1.432 ab	b3 0.041 a	b2 12.407 ab
	b3 2.391 a	b2 1.415 ab	b1 0.039 a	b3 12.361 ab
	b1 2.330 a	b1 1.223 b	b2 0.039 a	b1 10.8077 b
LSD	1.1481	0.3252	0.0064	1.8751

a1 = 625 plantas ha⁻¹, a2 = 400 plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

4.2.6 Incremento en área basal y volumen

Se encontró que la mayor área basal pertenece a la mayor densidad (625 pta/ha) con 0.0033 m²/pta, pero no presenta significación estadística (Pr > 0.05) con la menor densidad (400 pta/ha). Para el factor fertilización las dos mayores dosis de 2 kg/pta y 1.5 kg/pta presentaron la mayor área basal con 0.0035 m² y 0.0034 m² respectivamente, pero no mostraron diferencia significativa (Pr > 0.05) ante los niveles establecidos.

No se encontró suficientes evidencias que indiquen que existe efecto significativo en las densidades de siembra (Pr > 0.05) para los incrementos de área basal y volumen (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación del incremento promedio para las variables de rendimiento a partir del momento inicial y el final. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Factor	Variables de rendimiento	
	Area basal (m ²)	Volumen (m ³)
Densidad	a1 0.0034 a	a1 0.0284 a
	a2 0.0032 a	a2 0.0222 a
	LSD	0.0012
Fertilización	b5 0.0035 a	b4 0.0329 a
	b4 0.0034 a	b5 0.0269 ab
	b2 0.0033 a	b2 0.0245 ab
	b3 0.0032 a	b1 0.0236 ab
	b1 0.0031 a	b3 0.0219 b
LSD	0.0046	0.0103

a1 = 625 plantas ha⁻¹, a2 = 400 plantas ha⁻¹.

b1 = 0, b2 = 0.5, b3 =1.0, b4 =1.5 y b5 =2.0 kg planta de lombrihumus

LSD = Es la Mínima Significación Estadística

En el Cuadro 13, se presentó el mayor valor promedio para la densidad de 625 pta/ha con un volumen de 0.0284 m³/pta, y el menor promedio correspondió a la densidad poblacional de 400 pta/ha con 0.0222 m³/pta. La dosis de 1.5 kg/pta de lombrihumus presentó el mayor volumen de madera con 0.0329 m³ y se diferenció estadísticamente ($Pr < 0.05$) del nivel b1 (testigo).

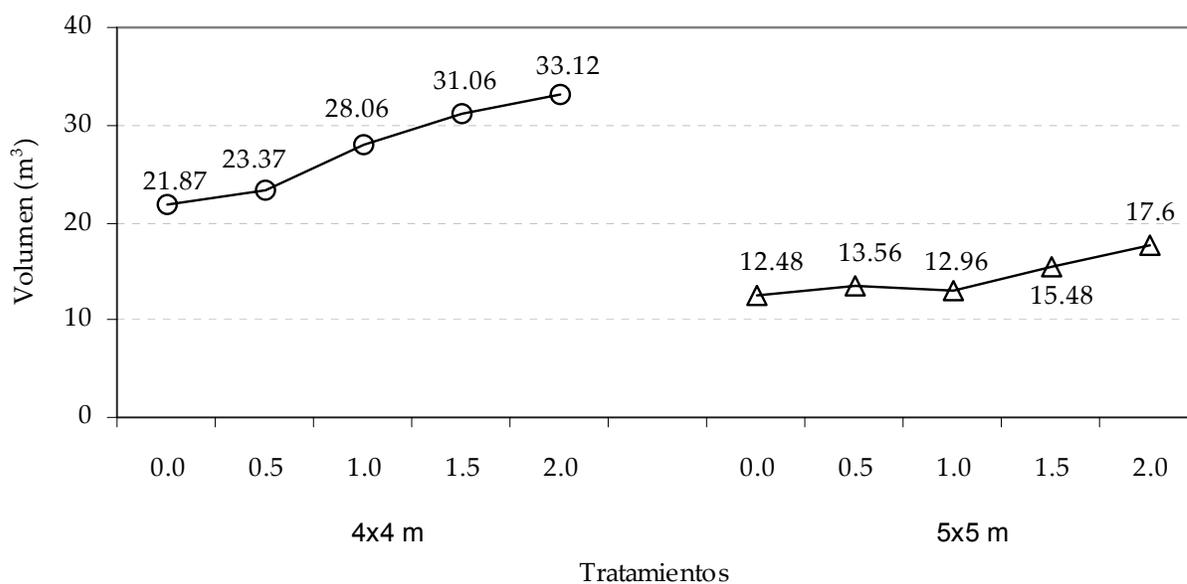


Figura 5. Incremento en el volumen en los tratamientos evaluados en la Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

El tratamiento 625 ptas/ha con 2 kg/pta de lombrihumus fue el mejor en cuanto al volumen, superando los 33 m³ de madera por hectárea, muy por encima del resto de los tratamientos. Asimismo, se puede considerar que el comportamiento es lineal (Figura 5).

4.3 Análisis económico de los tratamientos

Se efectuó análisis económico de los tratamientos en base a la relación beneficio/costo. Para conocer la rentabilidad de los diferentes tratamientos, se dividieron los ingresos obtenidos por cada uno de los tratamientos entre los costos de producción incurridos, según ficha de costo de producción del cedro rosado de la India para el ciclo 2005-2006.

Presupuesto parcial y beneficio/costo (B/C) en los tratamientos estudiados

Se utilizó este método para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos. El total de costos que varían para cada tratamiento representa la suma de los costos que varían individuales. Se puede observar que a medida que se incrementan los costos y la fertilización para los tratamientos estudiados, los rendimientos son mayores, de igual manera se comportan los ingresos brutos ya que los resultados son ascendentes.

Al realizar el análisis de los tratamientos, el beneficio/costo entre los niveles de fertilización y las densidades estudiadas en el ensayo, se observa que todos resultaron ser positivos, es decir, que existe rentabilidad para los factores en estudios. También se observa que la mayor rentabilidad lo presentó el tratamiento a1b2 (625 ptas/ha y 0.5 kg/pta de lombrihumus), lo que demuestra que a medida que los costos incrementan, la rentabilidad disminuye, por tanto, es importante tomar en cuenta que al incrementar los costos (a1b5), el árbol adquiere un crecimiento mas rápido, y es probable que recupere la inversión mas pronto en comparación al tratamiento que resulto ser mas rentable (a1b2), pero esta decisión la debe tomar el productor.

Cuadro 14. Análisis económico en los tratamientos estudiados. Finca La Cañada, Comarca Las Mercedes, departamento de Boaco

Tratamientos	a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a2b1	a2b2	a2b3	a2b4	a2b5
Rendimiento (m ³ ha ⁻¹)	21.87	23.37	28.06	31.06	33.12	12.48	13.56	12.96	15.48	17.6
Precio /m ³	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Ingreso Bruto (\$ /ha)	1,859	1,986	2,385	2,640	2,815	1,061	1,153	1,102	1,316	1,496
CV Insumos										
Cantidad fertilizante (kg ha ⁻¹)		312.5	625	937.5	1250		200	400	600	800
Costo lombrihumus (\$ kg)		0.1	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1
C. T. insumos		31	63	94	125		20	40	60	80
C. V. de MO										
Cantidad MO a fertilizar		6	6	6	6		6	6	6	6
Costo D/H		1.42	1.42	1.42	1.42		1.42	1.42	1.42	1.42
C. T. M. O.		8.5	8.5	8.5	8.5		8.5	8.5	8.5	8.5
C. T. variables		39.5	71.5	102.5	133.5		28.5	48.5	68.5	88.5
Costo Total		39.5	71.5	102.5	133.5		28.5	48.5	68.5	88.5
Ingreso o Beneficio Bruto.	1,859	1,946	2,314	2,537	2,681	1,061	1,124	1,053	1,247	1,407
Beneficio / Costo		50.27	33.35	25.75	21.08		40.45	22.72	19.21	16.9

CV = Costos Variables, CT = Costos Totales, MO = mano de Obra, D/H = Días/Hombre, B/C = Beneficio/Costo

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio sobre el cedro rosado de la India (*A. fraxinifolius*) posterior a su establecimiento, se exponen las siguientes consideraciones:

- Las densidades poblacionales no tuvieron diferencias estadísticas en las variables evaluadas, pero si la fertilización orgánica con lombrihumus. Por otro lado, los factores evaluados no mostraron efecto significativo, por lo que la relación es independiente.
- Los mayores valores promedios en las variables evaluadas se obtuvieron con las dosis de lombrihumus y densidad poblacional más altas (625 ptas/ha con 1.5 y 2 kg/pta). Los mayores volúmenes por hectárea se alcanzaron en la densidad de 625 plantas por hectáreas y con 1.5 y 2.0 kilogramos por planta, superando los 30 m³ de madera.
- El mayor beneficio costo se obtuvo con la densidad de 625 plantas por hectáreas y 0.5 kilogramos por planta, donde por cada dólar invertido se obtiene 50.27 dólares.

VI. RECOMENDACIONES

- Hacer uso de la dosis de 0.5 kilogramos por planta tomando en cuenta la relación beneficio/costo, y la de 2.0 kilogramos por planta por obtener los mayores volúmenes en cuanto al turno de aprovechamiento de la madera.
- Darle seguimiento a la plantación ya establecida, así como el estudio de esta especie en otras localidades del país, manejo agronómico y sanidad vegetal.

V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Bonner & Galston, 1967. Principios de la fisiología vegetal. Ed. Pueblo y Educación 485 p.
- Camacaro S., E. Chacón y W. Machado. 2002. Efecto de la fertilización con macros y micronutrientes sobre la producción de biomasa de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Zootecnia Tropical, 20(2): 163-178.
- CATIE, 1993. Manejo de plantaciones forestales: Guía técnica para el extencionista forestal. Ed. Gallowey. Turrialba Costa Rica. 68 p.
- CATIE, 2001. Silvicultura de bosques latifoliados, con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Chavarría, E. Valerio, R. 1993. Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. MIRENEM. Dirección general forestal. C. R. 202 p.
- Chow, W. 1990. Efecto de la fertilización fosfórica sobre el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de frijol común. 28 p.
- Chucair, K. 1990. Fruticultura Colombiana. Ed. Bedout, Medellín 415 p.
- Domínguez, A. 1996. Fertirrigación. 2da. edición. Editorial mundi-prensa. 233 p.
- Ede, R. 1989. Suelos y abonos para árboles frutales. Ed. Cribia, Zaragoza, España. 169 p.
- INTEC FOR/INATEC, 1993. Manual técnico forestal, 235 p.
- Lalatta, F. 1998. Fertilización de árboles frutales. Ed. CEAC. 128 p.
- <http://www.xerics.com/acrocarpus.html>
- Hughell, D. 1991. Lineamientos para el desarrollo de modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de árboles de uso múltiples. Informe interno MADELEÑA, CATIE, Turrialba Costa Rica. 131 p.
- Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA). 2006. Informe de resultados de muestras de suelo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 2 p.

- LAMPRECHT. 1990. *Silviculture in The Tropics*. Eschborn, Alemania, GTZ. 219-220 p.
- LOMBRICULTURA PACHAMAMA S.A. Avda. Borgoño 17.400, Viña del Mar, Chile. 21 p.
- López, M.; Fernández, F. 1985. *Frijol investigación y producción*. CIAT. Colombia.
- Menendez H. H., 2006. *El cedro rosado. Guía de cultivo*. <http://www.monografias.com/trabajos20/cedro-rosado/cedro-rosado.shtml>.
- Mercado Nacional Agropecuario (MENAGRO), 2006. MENAGRO@msn.com.
- Pedro Pablo Velásquez M. E-Mail: humusproducir@yahoo.es -- lombriz@lycos.com
- Pezo *et al*, 1993. *Ganadería y Recursos Naturales en América Central. Estrategias para la sostenibilidad* 220p.
- Prodan, M. Peters; Cox F; Real, P. 1997. *Mensura forestall*. Ed. IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 586 p.
- Quintana, B. O.; J. Blandón, J. Flores y A. E. Mayorga, 1992. *Manual de fertilización para los suelos de Nicaragua*. UNA-Consultora profesional Indígena (INDOCONSUL S. A). Managua, Nicaragua. 75 p.
- Reiche, C; D., Current; M., Gómez; T., Mackenzie, 1991. *Costos del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie Técnica. Informe Técnico No. 182. Turrialba Costa Rica. 70 p.
- Rojas, F. 1997. *Plantaciones forestales*. Instituto tecnológico de Costa Rica. Centro de Información Tecnológica. Cartago, Costa Rica. 114 p.
- SEPATRO, 2006. *Semillas y productos agroforestales del trópico*. SEPATRO, 2006@msn.com
- Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Apartado 4579, Maracay 2101, Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Apartado 4563, Maracay, 2101, Venezuela.

ANEXOS



Figura 1a. Flor, fruto y semillas en el cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*). Fuente: SEPATRO, 2006.



Figura 2a. Germinación y semillero de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*). Fuente: SEPATRO, 2006.



Figura 3a. Vivero de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*). Fuente: SEPATRO, 2006.



Figura 4a. Transplante y plantación en desarrollo de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*). Fuente: SEPATRO, 2006.



Figura 5a. Plantación adulta de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*). Fuente: SEPATRO, 2006.