

UNIVERSIDAD DE PANAMA



VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DEL SUELO EN  
PLANTACIONES:  
EFECTO DEL *PINUS caribaea* y *ACACIA mangium* SOBRE LAS  
PROPIEDADES DE UN SUELO ACIDO.

RAMON ISOS GIONO

TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA  
OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CON ESPECIALIZACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES

PANAMA, REPUBLICA DE PANAMÁ

2003

TH

-5 ABR 2003

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi hermana Ruth Esther (Q.E.P.D), quien durante toda su vida fue ejemplo y guía para sus hermanos y sobrinos, sobre la perseverancia, éxito y ánimo ante las adversidades que nos presenta la vida.

A mi esposas Dibeth y mis hijos Ramón David, Rocío Dibeth y Milagros Cristal, quienes siempre fueron mi fuente de inspiración durante mis estudios.

A mis padres Ramón Isós y Rosa Giono, por darme la vida, por sus buenos consejos y su apoyo incondicional, lo que nos ha permitido partir de una base sólida y alcanzar las metas propuestas

ok, del autor

789

## AGRADECIMIENTO

Han sido muchas las personas que de una forma u otra han contribuido a la culminación exitosa de esta Tesis de Maestría a todos ellos mis más sincero y profundo agradecimiento

Dentro de este grupo podemos mencionar:

A mi Tutor principal Ing Benjamín Name MSc y al Lic José Villareal MSc, quienes me orientaron y dieron ideas positivas en los temas investigados

Al Doctor Francisco Mora, que más que el Coordinador de la Maestría me demostró su amistad y sinceridad durante el transcurso del Programa de Maestría.

Al Doctor Hector Aparicio, quién fue el pilar principal para que pudiéramos optar por nuestros estudios de Maestría.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá, cuya institución me abrió sus puertas para la realización de la investigación de campo y análisis de laboratorio, especialmente a la Ing Virginia López de Rodríguez y al personal de Laboratorio de Suelos.

A la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), particularmente al Sub administrador de la Región de Veraguas Luis Sandoval, por coordinar de forma rápida los muestreos de suelos y mensuras forestales en La Yeguada.

Al señor Raúl Sinclair, quién durante los trabajos de campo, compartió y nos ayudó de manera desinteresada

## INDICE GENERAL

	Página
TITULO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	1
I.INTRODUCCION.....	2
II.REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1 Especie <i>Acacia mangium</i> .....	4
2.2 Especie <i>Pinus caribaea var hondurensis</i> .....	7
2.3 El árbol como componente fundamental en los sistemas agroforestales.....	10
2.3.1 Importancia de los sistemas agroforestales en la disminución de los gases invernaderos.....	11
2.3.2 La materia orgánica del suelo.....	12
2.3.3 Ciclo de nutrientes en plantaciones forestales.....	13
2.3.4 Actividad biológica del suelo.....	16
2.4 Suelos forestales con bajo contenido de bases (ultisoles).....	17
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Localización, clima y suelo.....	20
3.2 Determinación de los parámetros del suelo.....	22
3.2.1 Metodología del secado de las muestras de suelo.....	22
3.2.2 Procedimiento de determinación de color.....	23
3.2.3 Determinación de textura por el método de Bouyoucos.....	23
3.2.4 Determinación de la materia orgánica por el método de Walkley-Black.....	24
3.2.5 Determinación de la densidad aparente.....	24
3.2.6 Medidas de infiltración de agua en el suelo.....	25
3.2.7 Determinación de la cantidad de raíces.....	25
3.2.8 Cantidad de organismos del suelo.....	26
3.2.9 Determinación de la fertilidad del suelo.....	26
3.2.10 Vegetación nativa bajo el dosel.....	26
3.2.11 Estudio taxonómico de los suelos.....	27
3.2.12 Aspecto económico.....	27
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
4.1 Descripción de las propiedades morfológicas, físicas y químicas de cada perfil de suelo.....	29
4.1.1 Perfil # 1. Correspondiente al suelo bajo la influencia de <i>Acacia mangium</i> , de la estación experimental de Calabacito.....	29
4.1.1.1 Breve descripción general del perfil.....	30
4.1.1.2 Descripción de los horizontes del suelo.....	30
4.1.2 Perfil # 2. Correspondiente al suelo de la estación experimental de Calabacito, bajo la influencia de <i>Pinus caribaea</i> .....	37
4.1.2.1 Breve descripción del perfil.....	38
4.1.2.2 Descripción de los horizontes del suelo.....	38

4.1.3 Perfil # 3. Correspondiente al suelo de la Reserva Forestal de La Yeguada, bajo la influencia de <i>Pinus caribaea</i> .....	44
4.1.3.1 Breve descripción del perfil.....	45
4.1.3.2 Descripción de los horizontes del suelo.....	45
4.2 Clasificación taxonómica de los perfiles de campo.....	50
4.2.1 Perfil # 1. Correspondiente al suelo de la estación de Calabacito, bajo la influencia de <i>Acacia mangium</i> .....	50
4.2.2 Perfil # 2. Correspondiente al suelo de la Estación Experimental de Calabacito bajo la influencia de <i>Pinus caribaea</i> .....	52
4.2.3 Perfil # 3. Correspondiente al suelo de la reserva forestal de La Yeguada, bajo la influencia de <i>Pinus caribaea</i> .....	54
4.3 Determinación de la cantidad de lombriz de tierra.....	56
4.4 Cantidad de raíces determinadas en las asociaciones estudiadas.....	59
4.5 Densidad aparente de los suelos con diferentes manejos y por localidad de ubicación.....	64
4.6 Determinación de la materia orgánica bajo las diferentes asociaciones estudiadas.....	67
4.7 Determinación de la infiltración de agua en el suelo para diferentes condiciones de campo.....	71
4.8 Comparación del análisis foliar en las plantaciones estudiadas y la asociación natural.....	84
4.9 Evaluación económica de las plantaciones.....	88
4.9.1 Valor de la madera y valor de la tierra.....	88
4.9.1.1 Valor de la madera en las plantaciones de la localidad de Calabacito.....	90
4.9.1.2 Valor de la madera en la plantación de la localidad de La Yeguada.....	93
4.10 Biodiversidad.....	96
4.11 Hidrología.....	101
4.12 Belleza escénica.....	102
V. CONCLUSIONES.....	103
VI. RECOMENDACIONES.....	106
VII. BIBLIOGRAFIA.....	108
VIII. ANEXOS.....	116

## INDICE DE CUADROS

CUADRO I. Características morfológicas del Perfil # 1.....	29
CUADRO II. Características físicas y químicas del pedón. Calabacito, parcela de <i>Acacia mangium</i> .....	34
CUADRO III. Características morfológicas del Perfil # 2.....	37
CUADRO IV. Características físicas y químicas del pedón. Calabacito, parcela de <i>Pinus caribaea</i> .....	41
CUADRO V. Características morfológicas del Perfil # 3.....	44
CUADRO VI. Características físicas y químicas del pedón, La Yeguada, parcela de <i>Pinus caribaea</i> .....	47
CUADRO VII. Clasificación taxonómica del Perfil # 1.....	50
CUADRO VIII. Clasificación taxonómica del Perfil # 2.....	52
CUADRO IX. Clasificación taxonómica del Perfil # 3.....	54
CUADRO X. Cantidad de lombriz de tierra, en diferentes profundidades de suelo para diferentes plantaciones y localidades.....	57
CUADRO X1. Peso de raíces a diferentes profundidades en un volumen de suelo de 0.025 m <sup>3</sup> bajo plantaciones de <i>Acacia mangium</i> versus testigo, Calabacito 2002.....	60
CUADRO XII. Peso de raíces a diferentes profundidades en un volumen de suelo de 0.025 m <sup>3</sup> , bajo plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> versus testigo, Calabacito 2002.....	61
CUADRO XIII. Peso de raíces a diferentes profundidades en un volumen de suelo de 0.025 m <sup>3</sup> , versus testigo, La Yeguada 2002.....	61
CUADRO XIV. Densidad aparente del suelo, con diferentes tipos de manejo y en diferentes localidades.....	66
CUADRO XV. Contenido de materia orgánica del suelo bajo diferentes asociaciones, profundidades y localidades estudiadas.....	69
CUADRO XVI. Datos de infiltración de agua en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> , localidad de Calabacito, tipo de suelo alfisols.....	74
CUADRO XVII. Datos de infiltración de agua, testigo, suelo con vegetación natural, localidad de Calabacito. tipo de suelo alfisols.....	75
CUADRO XVIII. Comparación de la velocidad de infiltración media de agua en un suelo ultisols, bajo la influencia de <i>Pinus caribaea</i> versus	

vegetación natural.....	76
CUADRO XIX. Datos de infiltración de agua, testigo, vegetación natural y <i>Curatella americana</i> , localidad de Calabacito, tipo de suelo ultisols.....	77
CUADRO XX. Datos de infiltración de agua en plantaciones de <i>Acacia mangium</i> , localidad de Calabacito. tipo de suelo ultisols.....	78
CUADRO XXI. Comparación de la velocidad de infiltración media en un suelo ultisols, bajo la influencia de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> versus suelo con vegetación natural.....	79
CUADRO XXII. Datos de infiltración de agua en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> localidad de La Yeguada. tipo de suelo ultisols.....	80
CUADRO XXIII. Datos infiltración de agua en pasto natural, Testigo, localidad de La Yeguada, tipo de suelo ultisols.....	81
CUADRO XXIV. Comparación de la velocidad de infiltración media en un suelo ultisols, bajo la influencia de plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> versus suelo con vegetación natural, en La Yeguada.....	82
CUADRO XXV. Comparación del contenido de algunos nutrientes en el análisis foliar de las plantaciones estudiadas y la asociación natural.....	86
CUADRO XXVI. Datos del muestreo realizado en las plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Calabacito.....	91
CUADRO XXVII. Datos de los muestreos realizados en las plantaciones de <i>Acacia mangium</i> en Calabacito.....	92
CUADRO XXVIII. Datos de los muestreos realizados a plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en La Yeguada.....	93
CUADRO XXIX. Especies de aves encontradas en Calabacito.....	97
CUADRO XXX. Fauna silvestre, Calabacito.....	98
CUADRO XXXI. Especies de aves encontradas, La Yeguada.....	99
CUADRO XXXII. Fauna silvestre, La Yeguada.....	100
CUADRO XXXIII. Características físicas y químicas del suelo testigo, sin influencia de <i>Acacia mangium</i> . Calabacito.....	117
CUADRO XXXIV. Características físicas y químicas del suelo testigo sin la influencia de <i>Pinus caribaea</i> . Calabacito.....	118
CUADRO XXXV. Características físicas y químicas del suelo sin influencia de <i>Pinus caribaea</i> . La Yeguada.....	120

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de lombriz de tierra por localidad y plantación a diez centímetros de profundidad.....	58
Figura 2. Densidad aparente en diferentes plantaciones.....	66
Figura 3. Porcentajes de materia orgánica en diferentes asociaciones.....	70
Figura 4. Comparación de la velocidad de infiltración media en plantaciones versus testigo.....	83
Figura 5. Resultado del análisis foliar de las plantaciones estudiadas y el testigo.....	87
Figura 6. Características físicas del perfil # 1. Tipo de suelo ultisol.....	122
Figura 7 y 8. Características físicas del perfil # 2. Tipo de suelo alfisol .....	123
Figura 9. Características físicas del perfil # 3. Tipo de suelo ultisol.....	124
Figura 10. Cilindro con volumen conocido para determinar la densidad aparente.....	125
Figura 11. Determinación del color del suelo. ....	126
Figura 12. Plantación de <i>Pinus caribaea</i> , localidad de Calabacito.....	127
Figura 13. Plantación de <i>Acacia mangium</i> , localidad de Calabacito.....	127
Figura 14. Plantación de <i>Pinus caribaea</i> , La Yeguada.....	128
Figura 15. Suelos degradados cercanos a las plantaciones.....	128
Figura 16. Plantación de <i>Pinus caribaea</i> , abundante biodiversidad, y suelos en proceso de recuperación.....	129
Figura 17. Plantación de <i>Acacia mangium</i> en asociación con <i>Brachiaria humidicola</i> (sistema silvopastoril).....	130

### RESUMEN

Desde que los suelos en Panamá representan más de 4 millones de hectáreas, es importante evaluar la adaptabilidad de algunas especies de árboles y la capacidad de estos de mejorar las características químicas, físicas y biológicas. Esta investigación se realizó en la Estación Experimental del IDIAP, localizada en Calabacito y en la Reserva Forestal de La Yeguada, provincia de Veraguas. El estudio consistió en comparar el efecto de las parcelas de *Pinus caribaea* y *Acacia mangium* con 23 y 13 años de establecimiento respectivamente y el testigo de *Curatella americana*, sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. En cada una de las parcelas se realizó clasificación taxonómica del suelo, la velocidad de infiltración de agua, contenido de nutriente del suelo y follaje. Los datos obtenidos nos indican que en Calabacito existen suelos del orden alfisols y ultisols y en La Yeguada ultisols. También se determinó que la macrofauna es más rica de 0 a 30 cm de profundidad en las plantaciones de pino y acacia, comparado con el testigo, donde la actividad de la macrofauna fue de 0 a 10 cm de profundidad. El contenido de materia orgánica fue mayor en la parcelas de acacia que en las de *Curatella* y esta decreció con la profundidad de muestro. La densidad aparente en los suelos de La Yeguada fue baja (0.89), comparada con los suelos de Calabacito (1.09) y aquellos que mantenían vegetación natural (1.21). El contenido de nutriente en el suelo y follaje fue pobre en todos los sitios experimentales. Sin embargo los mayores niveles de nitrógeno foliares en la acacia pudo estar dado por la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de esta leguminosa. Finalmente la biodiversidad de especies de plantas y animales, fue mayor dentro de las plantaciones que bajo condiciones naturales. El pino y la acacia son dos especies que se adaptan muy bien a suelos ácidos, incrementando la velocidad de infiltración, densidad aparente, macro y micro fauna del suelo, además de permitir el establecimiento de especies de plantas y animales.

### SUMMARY

Since acid soils in Panama represent more than 4 million hectares, is important to evaluate the adaptability of some species of trees and to establish their capability to improve soil's chemical, physical and biological characteristics. This research was carried out at the research station of IDIAP, located in Calabacito and in the Forest Reserve of La Yeguada, Veraguas Province. This study aimed to compared the effects of 23 and 13 year old plots of trees species *Pinus caribaea*, *Acacia mangium* an natural grass *Curatella americana* on the soil's chemical, physical and biological characteristics. On each plots pits of 1.80 m deep were digged out to determine the taxonomic unit of the soils, the speed of water infiltration, nutrient content of soil and foliage. The data showed that Calabacito has soil units ultisols and alfisols and La Yeguada ultisols, also the macrofauna was very reach from 0 to 30 cm deep in plots of *Pinus* and *Acacia*, compared to plots of *Curatella* where macrofauna activity was found from 0 to 10 cm deep. The content of organic matter was higher in *Acacia* than in *Curatella* plots, and these tend to decrease as the soil profile increase in depth. The bulk density of La Yeguada soils were lower (0.89), compared to Calabacito soils (1.09), and (1,21) *Curatella* plots. The nutrient soil and foliage contend was poor in both experimental sites, eventhough the plots have been planted with trees and natural grass 23 an 13 years ago. Hawever in acacia was found a higher level of nitrogen in foliage maybe dew to its capacity to fix atmospheric nitrogen as legume. Finnaly the biodiversity of plant species in both experimental site an tree plots were higher than in natural grass plots.

*Pinus* and *Acacia* are two species well adapted to acid soil, which improved the infiltration, bulk density, macro and microfauna of the soil and allow the establishment of plant and animals species.

## I. INTRODUCCIÓN

En América Central los recursos naturales han disminuido enormemente debido a la presión causada por el aumento de la población, incremento de las pasturas y la disminución de la cubierta forestal. La población humana ha crecido en un 300% de 1961 a 1999, causando una sustancial expansión de la agricultura y las tierras de pastoreo (Alison y Nair, 2001).

En Panamá, la agricultura migratoria y la ganadería han constituido las prácticas que al provocar una fuerte expansión de la frontera agrícola, han dado lugar a la degradación de grandes extensiones de áreas boscosas y la aceleración de los procesos erosivos.

En nuestro País se han identificado aproximadamente 4,500,000 hectáreas de suelos ácidos, siendo utilizados en su mayoría en actividades agrícolas y ganaderas, lo que tiende a hacer los mismos menos productivos si no se realizan prácticas agrícolas apropiadas que permitan mantener su productividad (Sánchez y Name, 1993).

Los árboles juegan un importante papel en el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (incrementan el contenido de materia orgánica, mejoran la capacidad de cambio catiónico y aniónico,

mejoran la estructura del suelo, entre otras), además de que los mismos proveen bienes y servicios beneficiosos para la población humana.

La Acacia mangium, al igual que el Pinus caribaea son especies que se adaptan bien a los suelos ácidos y ambas, además de tener un gran potencial en la industria maderera, tienden a mejorar las propiedades del suelo donde se desarrollan. Estas características han llevado a estas especies a jugar un importante rol en el proceso de reforestación de nuestro País.

Según ANAM (2000), hasta 1999, se habían reforestado un total de 10386 hectáreas con Pinus caribaea y 1109 hectáreas de Acacia mangium, de un total de 40,000 hectáreas reforestadas con diferentes especies en Panamá.

Teniendo en cuenta las características descritas de estas dos especies es importante que se investigue que efecto tienen las mismas sobre las propiedades del suelo en que se desarrollan. Por esta razón se propone trabajar con estas dos especies establecidas en suelos ácidos de dos localidades de la Provincia de Veraguas, (Calabacito y La Yeguada).

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Especie ACACIA mangium (Am)

La Acacia mangium willd, forma parte de la familia de las Leguminoseae, subfamilia mimosoideae. El género de Acacia incluye a más de 1000 especies de árboles y arbustos, los cuales se encuentran en África, América, Asia y Australia, con mayor número de especies en el continente Australiano, siendo la A. mangium nativa del norte de Australia e islas vecinas. Su distribución natural esta en el rango latitudinal comprendido entre los 11° 20'S a 18° 57'S (Pinyopusarerk et al., 1993).

Esta especie es de hábitos pioneros y heliófita, que aparece en forma dispersa en las márgenes de áreas de cultivos como caña de azúcar o en bosque natural, principalmente después de disturbar las condiciones del sitio, presenta además, habilidad para la fijación de nitrógeno (EE.UU/NRC, 1983). Es una especie que se adapta a las tierras bajas del trópico húmedo y ha mostrado ser tolerante para las condiciones de suelos pesados, bajo pH y pobres en fertilidad (Wiersum y Ramlan, 1982). Las plantas prefieren sitios húmedos y prolongados períodos de sequía retrasan su crecimiento (Pinyopusarerk et al., 1993). En América Central se ha plantado hasta alturas 850 msnm, no soporta heladas y su hábito ordinario de pluviosidad varía entre 1000 mm a 4500 mm. En Panamá ha dado un crecimiento apreciable a partir de los 1300 mm de precipitación anual

(Jiménez y Picado, 1987; Oliva, 1990). En suelos con buenas características químicas, tiene una alta sobrevivencia y buen crecimiento inicial, aunque inferior al de otras especies de crecimiento rápido, en suelos degradados, compactados, ácidos (pH menores de 5.5) y con contenidos altos de aluminio ha superado a otras especies (CATIE, 1986).

El área de plantación de la especie a lo ancho del mundo es de 150000 ha, y su principal uso en la industria es la pulpa para fabricar papel (Pinyopusarerk et al., 1993). Es de rápido crecimiento y de buena forma (Nicholas, 1988). La Acacia mangium, puede crecer de 25-35 m de altura y un diámetro a la altura del pecho (DAP) sobre los 60 cm. Ha mostrado en sitios moderadamente drenados a bien drenados, con pendientes de 6 a 10% y profundidad de suelo mayor a 60 cm, un crecimiento mayor a tres metros de altura por año; y en suelos pobremente drenados, pendientes mayores a 10%, profundidad menor a 60 cm, menos de uno punto cinco metros de altura (Srivastava, 1993).

La Acacia mangium es una especie de uso potencial como leña, para ebanistería, construcción, laminado y chapas, entre otros. De las podas y el raleo se obtienen postes para cerca y varas para la construcción rural que tratadas pueden aumentar su durabilidad natural (CATIE, 1986). La Acacia mangium es usada como rompeviento, para el control de la erosión, las "hojas" (folíolos) pueden ser usadas como forraje, por su habilidad para fijar nitrógeno y aportar

abundante hojarasca al suelo colocan a esta especie con alto potencial para la recuperación de suelos degradados(Udarbe y Hepburn, 1987).

Srivastava (1993) encontró que la productividad de la Acacia mangium esta relacionada con los niveles de K, pero no así con el P y N. Este autor observó que el nivel de K puede ser una limitante para el crecimiento de la leguminosa. Presentándose una fuerte correlación entre el P del suelo y el foliar, no así con el N foliar. Dart y Almendras, (1991), reportan que en pruebas con A. mangium, en suelos ácidos, hubo amplia respuesta a la aplicación de fósforo (P), y en ocasiones a potasio (K), pero no a elementos menores. En América Central, se han obtenido buenos resultados al utilizar abonos 10-30-10 y 12-24-12, a razón de 60 gramos por planta, aplicados al fondo del hoyo y bien mezclado con tierra al plantar (Jiménez y Picado, 1987).

La popularidad de la Acacia mangium se debe principalmente a la habilidad para establecerse en sitios adversos. Esta puede crecer bien en praderas donde se desarrollan pasturas. Aunque como cualquier otra especie la Acacia mangium también tiene sus problemas de sitios donde sea plantada (De la Cruz y Yantasath, 1993).

En 1979 se introduce esta especie en América Central, en parcelas experimentales, en Costa Rica y a partir del año de 1984, se siembra en Panamá, existiendo hasta 1999 un total de 1109 has sembradas (ANAM, 2000). En

América Central, ha crecido en forma satisfactoria en suelos de los órdenes Ultisol, Alfisol, Entisol, Inceptisol y Andisol; con pH hasta 4.5; contenidos bajos de nutrientes; poca profundidad efectiva y textura arcillosa, además, ha demostrado buen crecimiento en suelos compactados por la ganadería (CATIE, 1992).

## **2.2 Especie PINUS caribaea VAR HONDURENSIS**

Esta especie se encuentra distribuida en la vertiente Atlántica del Istmo Centroamericano, desde el nivel del mar en las llanuras costeras hasta elevaciones de 850 msnm (Musalem, 1973). En el área de distribución natural existen grandes variaciones climáticas, pero sin heladas, en la región litoral, la temperatura media anual varía entre 24 y 27°C, con una precipitación de hasta 3500 mm anuales y una estación seca de tres meses, en las regiones del interior, la temperatura fluctúa entre 20 y 24°C, la precipitación media anual es de 950 mm con una estación seca marcada de hasta seis meses (Wolffsohn 1983).

El Pinus caribaea crece en suelos poco fértiles, latosoles y podsoles pardo amarillentos, con buen drenaje interno y con profundidades de un metro o más. No crece naturalmente en suelos de drenaje defectuoso, como sitios bajos y planos, con depresión o con una capa dura impermeable (Dyson, 1995).

En su distribución natural, los pinares de mayor crecimiento están ubicados por debajo de los 900 m de elevación, en llanuras aluviales y bancos de arena de

río donde el suelo está cubierto por una capa de limo fino arenoso, con pH entre 4 y 5, buen drenaje y sin competencia de latifoliadas (Lamb, 1973).

Las principales características del Pinus caribaea var *hondurensis* son: hojas con tres agujas a veces cuatro o cinco por fascículo, el tamaño de los conos es de 6 a 14 cm, las semillas poseen ala articulada y se desprenden fácilmente. El hábitat natural es en la vertiente Atlántica de Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua, la altitud es de cero a 850 msnm, la temperatura media de 20 a 27°C, el clima sub húmedo, precipitación 950 a 3500 mm/año con 2 a 6 meses secos, suelos ácidos con pH 4,0 a 6,5, (Barret y Golfari, 1962). En Costa Rica el crecimiento del pino caribe se ha visto afectado en forma negativa por las temperaturas bajas, media anuales (22°C), este hecho se asocia con variaciones en la altitud sobre el nivel del mar (Vásquez, 1987). Sigue mencionando este autor que la productividad de esta especie disminuye conforme aumenta la altitud sobre el nivel del mar entre 510 y 1060 msnm.

Se ha informado de una influencia positiva a aplicaciones de fósforo, boro y potasio, al cobre y magnesio aplicados con NPK y se indica que las aplicaciones solas de zinc y manganeso pueden volverse tóxicas (Platteborze, 1970; Vincent 1978; Wolffsohn, 1983). Esta especie crece bien en suelos con bajo contenido de nitrógeno; siendo que la adición de abonos nitrogenados raramente produce una respuesta de los árboles. Sin embargo, reacciona muy bien a la adición de potasio

y aunque puede crecer en suelos deficientes de fósforo, tiene una extraordinaria reacción a la fertilización con abonos fosforados (Wolffsohn, 1983).

La madera del P. caribaea es de gran versatilidad y puede utilizarse para la producción de leña, carbón, postes para tendido de redes telefónicas o eléctricas, otros usos a saber son: pulpa para papel, láminas contrachapadas, madera para construcción, muebles, artesanías y la resina puede utilizarse para la elaboración de desinfectantes y pinturas (Roby, 1985). Esta especie es afectada fuertemente por la competencia, por lo que los raleos son necesarios para un crecimiento rápido y sano (Wolffsohn, 1983). El mismo autor sostiene que si la madera va ser utilizada para pulpa, es aconsejable manejar densidades entre 650 a 1100 árboles por hectárea. Esta sugerencia concuerda con Ortiz y Camacho (1986) quienes sugieren que la densidad máxima de una plantación para pulpa es de 759 árboles por hectárea.

En Panamá de las 38,000 hectáreas reforestadas con diferentes especies, el 27% corresponde a Pinus caribaea con un área de 10386 has, (ANAM, 2000).

### **2.3. EL ÁRBOL COMO COMPONENTE FUNDAMENTAL EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES.**

La agroforestería es el sistema de uso de tierra que combina árboles con cultivos y/o animales domésticos en forma secuencial y simultánea. La misma se caracteriza por ser un sistema sostenible e interactivo y una opción económica, accesible al campesino de la región centroamericana (Budowski, 1993).

Son muchas las ventajas que ofrecen los árboles en los sistemas agroforestales, habiéndose identificado más de 800 prácticas agroforestales en todo el mundo (Nair, 1989). Según MacDiken y Vergara (1990). Las ventajas de los sistemas agroforestales son: mejoramiento del espacio vertical, mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, mejoramiento de la productividad agrícola, reducción de la erosión, favorecimiento de los microclimas extremos, reducción del riesgo de fallo del producto agrícola y uso positivo de las áreas bajo la sombra.

Los árboles de leguminosas son comúnmente usados en los sistemas agroforestales, ya que estas leñosas proveen sombra y también un servicio como proveedora de fósforo y nitrógeno, a través de la hojarasca producida, (Velasco, 1998).

### **2.3.1. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA DISMINUCIÓN DE LOS GASES DE INVERNADERO.**

Los sistemas agroforestales tienen una gran importancia en la mitigación del problema del calentamiento global, en ese sentido la combinación de especies C3 y C4 son importantes para el descenso de Carbono en sistemas silvopastoriles (Montenegro y Abarca, 2000).

El efecto invernadero es el resultado de la acumulación de gases en la atmósfera, tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Estos se incrementan anualmente a razón de 0.5, 0.6 y 0.35% en la atmósfera y aproximadamente el 30% de estos gases son producidos por cambios en el uso del suelo (Montenegro y Abarca, 2001). Se considera que en el trópico se emite de 10 a 30 millones de toneladas de carbono al año como resultado del decrecimiento de la materia orgánica en la deforestación de los suelos (Detwiller y Hall, 1988). En ese sentido, los suelos que presentan cobertura juegan un rol muy importante en la retención y reducción de la emisión de Carbono de la atmósfera (Minami et al, 1993., Fisher et al, 1994).

El dióxido de carbono es el gas de invernadero que más contribuye al cambio climático. En el suelo, el carbono (C) está almacenado como parte de la materia orgánica y representa más de 1400 Gt (1Gt= 10<sup>15</sup> g), casi el doble del que hay en la atmósfera (López et al, 1999).

En la zona Atlántica de Costa Rica, en los últimos años, la conversión del bosque a pasturas poco productivas ha resultado en la pérdida neta de 150 a 2180 g deC/m<sup>2</sup>, dependiendo del tipo de suelo (Veldkamp, 1994). Sin embargo, aumentos en la reserva de carbono del suelo fueron reportados especialmente para pasturas mejoradas y bien drenadas (Lugo y Brown, 1993).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por los combustibles fósiles son consideradas un factor clave en el efecto de invernadero, que está causando un incremento en las temperaturas globales. La absorción del CO<sub>2</sub> atmosférico por las plantaciones forestales tropicales con especies de crecimiento rápido puede ayudar a aliviar el problema del calentamiento global (Barres, 1993). Continúa citando el autor que los árboles absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera y producen madera, la madera seca de los árboles contiene entre 47 y 53 % de carbono y que este carbono almacenado queda como un elemento integral de la madera hasta que estos mueran y se descompongan.

### **2.3.2. LA MATERIA ORGÁNICA (MO) DEL SUELO.**

La materia orgánica está formada por diferentes compuestos de origen animal o vegetal que se depositan de manera progresiva en el suelo. Los organismos vivos, flora y fauna constituyen el edafón. Los restos postmortem de animales y vegetales constituyen el humus, estos son sometidos con anterioridad a constantes procesos de descomposición (Fassbender, 1984). Según Swift et al.,

1979, los principales beneficios de la materia orgánica en el suelo son: liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes en forma disponible para las plantas, a través de la mineralización; promueve la capacidad de intercambio catiónico; formación de sustancias orgánicas solubles; estabilización de la acidez; favorece la estructura del suelo mediante la formación de agregados; mejora la infiltración de agua, reduce las pérdidas por evaporación, mejora el drenaje del suelo; estimula el desarrollo radicular y la actividad de macro y microorganismos del suelo. Los cambios que se producen en el proceso de descomposición de la materia orgánica tienen como resultado habilitarla para retener cationes y aniones, los cuales forman el mayor grupo de nutrimentos de la planta (Allison, 1973; Kononova, 1967; Williams y Joseph, 1973).

La materia orgánica no es la misma en todos los suelos. El tipo de vegetación, la naturaleza de la población microbiana del suelo, el tipo de drenaje, la lluvia, la temperatura y el manejo de suelo, afectan el tipo y cantidad de materia orgánica que se encuentre en el mismo (Fassbender, 1975; Nye y Greenland, 1960).

### **2.3.3. CICLO DE NUTRIENTES EN PLANTACIONES FORESTALES.**

Una de las características del suelo forestal es el desarrollo de una capa orgánica compuesta de follaje, ramas y a veces, árboles caídos. Cuando este

material arrojado por el bosque se descompone, muchos nutrientes son liberados y reciclados nuevamente en los árboles. (Pritchett, 1979).

En plantaciones de coníferas la extracción de nutrientes del suelo comienza a aumentar cuando el dosel se cierra entre los 4 a 6 años. Gran parte de los nutrientes móviles, tales como el nitrógeno y el potasio, se trasladan de las hojas maduras a las jóvenes y regresan al suelo donde son asimilados fácilmente por las raíces. Este ciclaje es importante en la vida de la plantación porque las necesidades de nutrientes aumentan con la edad (Ballard y Will, 1981).

Cuando las plantaciones alcanzan a formar el colchón de hojarasca y una capa de humus, entonces los nutrientes entran a un ciclo donde los elementos arrojados por el árbol se mineralizan en el humus y vuelven a ser absorbidos por los árboles de tal manera que la extracción de nutrientes del suelo mineral es mínimo, además, el peso de materia orgánica en la hojarasca y su contenido de nutriente se correlacionan directamente con el área basal del bosque (Ortega, 1986).

Ligado al ciclaje de nutrimentos, la descomposición de la hojarasca conduce con el tiempo a la liberación de nutrimentos en una forma disponible para las plantas (Anderson, 1987). Se ha encontrado que la velocidad de liberación de diferentes fracciones de carbono, depende de la relación lignina-nitrógeno en los residuos orgánicos (Ayarza et al., 1994). También la edad de las hojas influye, ya

que la relación C/N y lignina/N, es un factor importante que acelera la pérdida de los elementos dado que las hojas jóvenes se descomponen más fácilmente que las hojas viejas y secas (Babbar y Ewel, 1989).

En un estudio realizado en Carolina del Norte en una plantación de Pinus taeda de 20 años, se determinó que los árboles recibieron más del 98% de sus nutrientes directamente del humus y la hojarasca, más que del suelo mineral, por lo que la especie que pueda arrojar la hojarasca más temprano y en mayores cantidades podrá recuperar y estabilizar el suelo más pronto, siendo este aspecto muy importante en suelos marginados y erodados que ya no tienen capa de materia orgánica, apreciándose además que los pinos tienen una alta capacidad de formar esta hojarasca (Ballard y Will 1981).

Palm y Sánchez (1990), encontraron que los patrones de descomposición y liberación de nutrientes de tres leguminosas tropicales a saber: Inga edulis, Mart., Cajanus cajan Millsp y Erythrina sp.), son afectados por el contenido de los polifenólicos, más que el contenido de nitrógeno o lignina. Las tres especies tuvieron una fase rápida de descomposición y después cayeron en una fase lenta. Concluyen estos autores que los compuestos polifenólicos forman compuestos con nitrógeno y por tal razón el material vegetal es más resistente a la descomposición, por lo que es importante la selección de leguminosa para sistemas agroforestales.

#### 2.3.4. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO.

El suelo alberga una gran cantidad de organismos tanto animalés como vegetales, los cuales mantienen una actividad dinámica y permanente, sin embargo existen una gran cantidad de factores que juegan un papel importante en las interacciones de los mismos dentro del sistema, tales como: clima, características físicas y químicas del suelo, biodiversidad de organismos y el manejo de los mismos.

Teuben y Verhoef (1992) en su estudio de parte del microcosmo, tomaron muestras de un bosque de 70 años de edad de Pinus nigra, y determinaron que la actividad del microcosmo depende de la dinámica de la temperatura y humedad, de la presencia de raíces, y de la composición de la comunidad animal del suelo.

Las lombrices de tierra mejoran las propiedades físicas del suelo como resultado de la construcción de galerías y depósito de su excremento en el perfil. Existe una correlación positiva entre la densidad de lombrices y el porcentaje agregados estables en el agua (Coleman, 1986). También mejoran las propiedades químicas y biológicas al ingerir y mezclar con el suelo desechos de origen animal y vegetal que se incorporan a la materia orgánica del suelo distribuyéndolos a lo largo del perfil (Syers y Springett, 1984).

Independientemente del tipo de pastura y carga animal utilizada, se encontró que el 99% de las lombrices correspondían a Pontoscolex corethrurus (familia Glossoscoledidaes) abundante en el trópico (Fraile, 1989).

El pH del suelo es un factor importante que condiciona la abundancia de las lombrices de tierra. La población de lombrices es escasa en pH inferiores a 4.0, siendo que la mayoría de las lombrices prefieren un pH de 6.8 a 7.0 (Burns y Martin, 1986).

Ruz-Jerez et al., (1992) reportan que, en suelos con lombrices se incrementa hasta un 50% más el nitrógeno mineral reconvertido (casi 100 mg N Kg<sup>-1</sup> suelo) que en suelos que carecen de ellas, aparentemente el incremento de la mineralización del N orgánico es el resultado de la actividad de la lombrices (*Lumbricus rubellus* y *Eisenia fetida*). Así también se observó incremento significativo en el crecimiento de las plantas.

#### **2.4. SUELOS FORESTALES CON BAJO CONTENIDO DE BASES (Ultisoles).**

En el ámbito mundial el trópico húmedo los ultisoles constituye el 38% de los suelos lo que equivale a 5 billones de hectáreas. De ese total el 43% son suelos ácidos, mientras que en el Continente Americano estos constituyen el 70% (Sánchez ,1981) citado por Name, (1993).

Los ultisoles constituyen el cuarto orden más común, cubriendo el 11% de los trópicos. Abundan en muchas áreas de América Tropical y África y también parecen ser los suelos dominantes en las tierras montañosas del sureste de Asia. La mayoría de estos suelos fueron conocidos anteriormente como Latosoles (Sánchez y Boul 1974).

En zonas tropicales, los ultisoles están comúnmente en la superficie más joven, mientras que los oxisoles asociados ocupan posiciones más estables en el terreno. En las regiones en que los ultisoles están asociados a los alfisoles, los primeros se encuentran en los terrenos más estables y los segundos en las laderas laterales (Ahmad y Jones, 1969)

En Panamá, el estudio de Catastro Rural de Tierras y Aguas identificó un 60% de suelos ácidos, lo que equivale a 4,500,000 hectárea, siendo sus principales limitantes las siguientes: ubicación en las partes planas y quebradas, constituyéndose en las más degradadas del país. Estos suelos se utilizan en la ganadería extensiva y agricultura de subsistencia con baja tecnología; la producción y productividad es baja; la población que utiliza estos suelos en su mayoría mantiene un bajo nivel socioeconómico (CATAPAN, 1970).

Los ultisoles representan un enorme potencial para la producción agrícola, se desarrollan en climas que tienen largas estaciones libres de heladas y

abundancia de lluvias, generalmente producen buenas cosechas durante los primeros años, o sea, aproximadamente durante el tiempo necesario para que la reserva de nutrientes de la materia orgánica biociclada se descomponga y la aprovechen los cultivos o se lixivie en el perfil (Daniels et al, 1966). La baja fertilidad y el bajo contenido de bases de los ultisoles ha sido y sigue siendo en muchas zonas, la principal limitación para los usos agrícolas, sin embargo estas pueden superarse mediante prácticas agrícolas modernas de encalado y fertilización (Van Wambeke, 1967).

La producción de madera es valiosa en los ultisoles. La vegetación de los bosques de coníferas y árboles de hojas caducifolias se han administrado y reforestado para que las operaciones silvícolas resulten provechosas. Debido a la dependencia de estos suelos al reciclaje de nutrientes por las plantas de raíces profundas, para el mantenimiento de la fertilidad, el corte de los bosques nativos conduce con frecuencia a la degradación rápida de la fertilidad del suelo (Benavides, 1973).

Los ultisoles se subdividen en cinco subórdenes, utilizando los criterios de humedad del perfil y el contenido de materia orgánica, siendo los mismos: Aquults, Ustults, Xerults, Humults y Udults. La característica más común de este orden es el contenido de bases menor al 35% a una profundidad de 1.25 metros (Boul, 1973).

### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 LOCALIZACIÓN, CLIMA Y SUELO

El estudio se realizó desde junio del 2001, en la Finca Experimental perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), localizada en Calabacito y en la Reserva Forestal de La Yeguada, manejada por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), en la provincia de Veraguas, Panamá.

La Finca Experimental de Calabacito esta localizada a los 8° 15' de Latitud Norte y 81° 5' de Longitud Oeste, con una elevación de 100 msnm. La precipitación media anual es de 2500 mm, la cual esta bien distribuida de mayo a diciembre. La temperatura media anual es de 27°C. El suelo es clasificado como ultisol, plinthudult típico, fino, mezclado, isohipertérmico, profundo, ácido a muy ácido, arcilloso, con estructura en forma de bloques subangulares y con baja capacidad de intercambio catiónico de 14 Cmol Kg<sup>-1</sup>, de promedio en el perfil. El contenido de bases cambiables es bajo, ya que el horizonte Ap ocupa solo 32% de la C.I.C (Capacidad de Intercambio Catiónico), mientras que los horizontes más profundos oscilan entre el 1 y el 6%. Los suelos son altamente meteorizados, tanto química como físicamente, de origen ígneo, con drenaje regular, profundo y con pendientes variables de 1 a 3%. Son de color rojo, textura arcillosa con promedio

de más de 40% de arcilla, 22% de limo y 38% de arena, el pH es ácido con valores menores de 5.5, alta concentración de aluminio intercambiable en montos mayores de  $2,5 \text{ Cmol Kg}^{-1}$  de suelo, (Name y Batista, 1979).

En cuanto a las características mineralógicas, en la fracción arcillosa domina la caolinita y aparecen en pequeñas cantidades de vermiculita, goetita y gibsita. Esto explica la baja capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) del suelo y el estado avanzado de intemperismo que presentan (Name y Villarreal, 2001).

La Reserva Forestal La Yeguada, que fue la otra área de experimentación, está localizada al Norte de la provincia de Veraguas entre las coordenadas,  $8^{\circ}27'33''$  hasta  $8^{\circ}31'00''$  de Latitud Norte y  $80^{\circ}49'00''$  hasta  $80^{\circ}54'00''$  de Longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar que va desde 540 metros al Sur, hasta 1350 metros al Norte. Según la clasificación de Holdridge (1961), se encuentra en la zona de bosque muy húmedo premontano (BmhP), con precipitaciones que promedian anualmente los 3000 mm. Los suelos se clasifican como entisoles e inceptisoles en menor proporción, son franco arcillosos o arcillosos, de color pardo amarillento, siendo los mismos ácidos o muy ácidos, con mediana capacidad de intercambio catiónico (CIC), bajo porcentaje de saturación de bases y alto contenido de acidez extraíble. Estos suelos son pobres en elementos nutritivos y especialmente en fósforo, potasio y carbón orgánico (Bognetteau Elsa, 1981).

### **3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL SUELO.**

Para medir los diferentes parámetros objeto de estudio, se seleccionaron dos parcelas en la localidad de Calabacito. Una de las parcelas estaba sembrada con Acacia mangium con una edad de 13 años y la otra sembrada con Pinus caribaea con una edad de 23 años. En la localidad de La Yeguada se seleccionaron parcelas de Pinus caribaea, con edad de 23 años. En estas parcelas se procedió a realizar los muestreos de suelo para determinar la fertilidad, contenido de organismos, textura, estructura del suelo, infiltración de agua en el suelo, densidad aparente, materia orgánica, color, peso de raíces a diferentes profundidades. Además, se realizó la clasificación taxonómica de cada suelo y se determinó la vegetación nativa bajo el dosel, la biodiversidad en cada sitio y se realizó un análisis económico basado en el valor catastral de la tierra sin plantaciones versus las plantaciones ya establecidas, y se determinó, también, cuanto han influido las plantaciones existentes sobre la biodiversidad, belleza escénica e hidrología de estas áreas.

#### **3.2.1 METODOLOGÍA DEL SECADO DE LAS MUESTRAS DE SUELO**

La toma de muestras se realizó en las parcelas sembradas con Acacia mangium, Pinus caribaea y en condiciones naturales para el testigo. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de suelo, donde se colocaron en bandejas limpias, secadas al aire por un periodo que varió según el contenido de humedad. Una vez secada las muestras, fueron trituradas, homogenizada y pasada por un

tamiz de malla #10 (2 mm), quedando preparada para las determinaciones posteriores.

### **3.2.2. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DEL COLOR**

La muestra de suelo se compara con la escala de Munsell para los colores de suelo, la cuál contiene 169 colores diferentes provenientes de 9 clases que varían desde el rojo hasta el amarillo pasando por el verde y el azul, hasta el gris. La escala de colores comienza con la mayor intensidad de color rojo 10R, disminuyendo a 7.5R y 5R. Después, continúan las combinaciones de amarillo y rojo, indicándose la proporción que hay de uno u otro correspondiendo el número a la intensidad del primer color, dando las siguientes combinaciones: 2.5YR, 5YR, 10YR. Por último la escala agrupa suelos de color amarillo con las intensidades siguientes: 2.5Y y 5Y.

La determinación del color se realizó en condiciones de campo con las muestras húmedas, y en el laboratorio con la muestra seca, para cada uno de los horizontes establecidos.

### **3.2.3. DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYOUCOS.**

El propósito de esta determinación es conocer en que proporción se encuentran en el suelo las partículas de arena, limo y arcilla. Para conocer estas proporciones por este método, se requiere lograr la separación de cada una de las partículas del conglomerado del suelo, basándose en la influencia de la

gravedad en su sedimentación. Las dimensiones aceptadas conforme al Sistema Internacional de la Ciencia son: arena de 0.02 a 2 mm de diámetro; limo de 0.002 a 0.02 mm de diámetro y arcilla menor de 0.002 mm. Se determinó la textura en cada uno de los horizontes encontrados en los muestreos.

#### **3.2.4. DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA POR EL MÉTODO DE WALKLEY-BLACK.**

Esta determinación consiste en la oxidación de los residuos orgánicos hasta convertirlos en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua, mediante una mezcla sulfocrómica, utilizando el calor producido por la reacción de disolución del ácido sulfúrico concentrado. Posterior a la oxidación de la materia orgánica se realiza una titulación con sulfato ferroso para determinar la cantidad de dicromato de potasio que no intervino en la reacción. El contenido de materia orgánica fue determinado para cada uno de los horizontes encontrados.

#### **3.2.5 DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE.**

Para realizar esta determinación se utilizó el método de cilindros con volumen conocido de suelo (USDA, 1972). Se utilizó un barreno para la toma de muestras no disturbadas y un anillo biselado. Una vez el anillo estuvo lleno de suelo, se enrasa con una navaja cortante, se trasvasa el suelo y es llevado al laboratorio, colocado en una estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 24 horas y luego es pesado. Para el cálculo de la densidad aparente, se divide el peso del suelo seco a  $105^\circ\text{C}$ , entre

el volumen del anillo. Esta determinación se realizó a varias profundidades en el perfil del suelo

### **3.2.6 MEDIDAS DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO.**

La infiltración se midió mediante el método de doble cilindro infiltrómetro. En este método, se utilizan dos anillos concéntricos de hierro: el más pequeño de diámetro interno de 30 cm y el externo que excede al más pequeño en 20 cm, además, se requiere de un trozo de tela, martillo para introducir los cilindros en el suelo, tiza, regla, reloj y recipientes de agua. Para este procedimiento se coloca primero el anillo externo, el cual debe introducirse en el suelo al menos 5 cm y el cilindro interno 10 cm. Es conveniente proteger la superficie del suelo con tela o plástico al añadir el agua para que no se compacte. El nivel de agua debe estar a 7.5 cm en el anillo interior y 5 cm en el anillo exterior, del borde superior. La velocidad de infiltración media se midió en áreas bajo la influencia de las plantaciones y fuera de ellas.

### **3.2.7 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE RAÍCES.**

Para medir la cantidad de raíces se utilizó un cuadro de 0.5 metros, para un área de  $0.25 \text{ m}^2$ , a la cual se le extrajo un volumen de suelo de  $0.025 \text{ m}^3$ . Este volumen de suelo se muestrea cada 10 cm de profundidad hasta la presencia de raíces. El suelo muestreado se sumergió en un tanque de 110 litros de agua, en donde se separarán las raíces gruesas por decantación y posteriormente se

filtraron las raíces más finas, todas fueron llevadas al laboratorio para ser pesadas en una balanza analítica..

### **3.2.8. CANTIDAD DE ORGANISMOS DEL SUELO.**

Para determinar la cantidad de organismos presente en el suelo se utilizó un marco de 0.25 m<sup>2</sup>. Los muestreos se realizaron cada 10 cm hasta los 30 cm de profundidad y en cada muestreo se contó el número de organismos presentes, entre ellos, las lombrices de tierra, Phyllophaga, y otras.

### **3.2.9 DETERMINACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.**

La fertilidad del suelo se realizó siguiendo la metodología empleada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), para el análisis de las bases cambiables, fósforo extraíble, índice de acidez, nutrientes por el método de espectrometría de absorción atómica, colorimétrico y potenciométricos.

### **3.2.10. VEGETACIÓN NATIVA BAJO EL DOSEL.**

Para la determinación de este parámetro, se realizó un registro de todas las especies nativas con su respectiva taxonomía, así como su altura y densidad de la misma. Esta determinación se ejecutó directamente en el campo, bajo las plantaciones estudiadas de Acacia mangium y Pinus caribaea.

### **3.2.11. ESTUDIO TAXONÓMICO DE LOS SUELOS.**

El estudio taxonómico del suelo se realizó siguiendo los parámetros establecidos por el Sistema de Clasificación de Suelos de la Soil Survey Staff (1975). En cada uno de los sitios donde se desarrolló la investigación, se procedió a abrir calicatas y realizar el estudio del perfil de suelo. Determinándose los diferentes horizontes para cada uno de los suelos estudiados y demás características propias de cada uno de ellos, además, se determinó el porcentaje de pedregosidad y pendiente.

### **3.2.12. ASPECTO ECONÓMICO.**

El análisis económico estuvo enfocado en cuantificar la influencia de las plantaciones de Pinus caribaea y Acacia mangium sobre el incremento del valor catastral, comparando el valor de la tierra sin plantaciones versus las mismas tierras con las plantaciones establecidas, teniendo en cuenta además el valor actual de la madera de las plantaciones estudiadas en el mercado, además, se determinó cuanto han influido las plantaciones sobre la biodiversidad, hidrología y belleza escénica.

La metodología empleada para determinar la biodiversidad existentes en los sitios estudiados estuvo basada en el método de observación directa e indirecta de las especies, para la cual se trazaron varios transeptos de medición, procediéndose a anotar todas las especies de animales vistas o por las huellas o señales que pudieran observarse, de esta manera se fueron identificando y clasificando cada una de ellas.

Para la hidrología y belleza escénica, se midió de manera visual, estableciéndose como han incidido las plantaciones en estos dos aspectos con respecto al área de influencia donde se encuentran las mismas.

#### IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN

##### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLOGICAS, FISICAS Y QUÍMICAS DE CADA PERFIL DE SUELO.

##### 4.1.1 Perfil #1. Correspondiente al suelo de la Estación Experimental de Calabacito, bajo la influencia de la Acacia mangium.

Las descripciones presentadas son producto de la evaluación realizada en el campo y de los análisis físicos y químicos correspondiente a cada horizonte del perfil del suelo.

**Cuadro I. CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS DEL PERFIL # 1.**

Localidad	Calabacito
Latitud Norte	80° 14' 57''
Longitud Oeste	81° 04' 57''
Fisiografía	Terraza aluvial antigua
Elevación	100 msnm
Pendiente	2%
Permeabilidad	Moderada
Capa Freática	1.80 mts
Drenaje	Moderadamente bueno
Pedregosidad	No hay presencia de rocas en la superficie o afloramiento rocoso.

Material Parental	Formado a partir de material sedimentario compuesto por tobas y aglomerados del mioceno.
Vegetación	<u>Acacia mangium</u> en asociación con <u>Brachiaria humidicola</u>
Uso de la Tierra	Pastoreo pecuario
Precipitación	2500 mm/año
Condiciones de humedad del suelo	Régimen Udico
Descrito por	Ramón Isós
Fecha de descripción	7 septiembre de 2001

#### 4.1.1.1 Breve descripción general del perfil:

El pedón posee un epipedón ócrico sobre un horizonte argílico, la saturación de bases es muy baja y tiene un horizonte con plintita bien desarrollada.

#### 4.1.1.2 Descripción de los horizontes del suelo.

Ao (0 a 10 cm). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo y pardo (10YR 5/3), en seco; arcilloso; estructura en bloques subangulares, moderada; consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico, no adherente en suelo mojado y blando en seco; poros tubulares medianos, frecuentes y verticales; raíces finas, abundantes, medianas frecuentes; límite gradual y plano.

Ap (10-22 cm). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo y pardo (10YR 5/3), en seco; arcilloso; estructura en bloques subangulares, mediana, débil;

consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado y blando en seco; poros tubulares, finos, muchos y verticales, raíces finas abundantes, mediana frecuentes; límite gradual y plano.

Bt1 (22-33 cm). Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo y amarillo parduzco (10YR 6/6) en seco; arcilloso, estructura en bloques subangulares, fino, moderado; friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, blando en seco; poros tubulares pocos finos a muy finos; raíces finas frecuentes, raíces medias pocas; límite gradual plano.

Bt2 (33-47). Pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo y amarillo parduzco (10YR 6/6) en seco; arcilloso; estructura en bloques subangulares, mediana, moderada; consistencia friable en húmedo, no adhesivo, ni plástico, blando en seco; películas de arcillas delgadas, discontinuas sobre la cara de los agregados; pocos poros tubulares, finos; raíces finas frecuentes, raíces medias pocas; límite difuso plano.

Bt3 (47-62). Pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo y amarillo parduzco en seco (10YR 6/6); arcilloso; estructura prismática, mediana, débil; friable en húmedo, no adhesivo ni plástico en mojado, ligeramente duro en seco; películas de arcillas, comunes, delgadas, discontinuas sobre la cara de los agregados, pocos poros tubulares muy finos; raíces finas frecuentes; límite difuso y plano.

Bt4 (62-82). Pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo y amarillo parduzco en seco (10YR 6/6); arcilloso; estructura prismática fina, moderada; consistencia friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, dura en seco; películas de arcillas delgadas y discontinuas sobre los agregados; pocas raíces finas; límite difuso y plano.

Bv1 (82-102 cm). Pardo amarillento (10YR 5/8), en húmedo y amarillo parduzco en seco (10YR 6/6); Arcillo arenoso; estructura prismática mediana, moderada; consistencia firme en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico, dura en seco; poros tubulares finos; pocas raíces finas; límite difuso y plano.

Bv2 (102-121 cm). Pardo amarillento (10YR 5/8), en húmedo y pardo muy pálido en seco (10YR 8/3). Arcilloso; estructura prismática, mediana, moderada; consistencia firme en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico; se aprecia películas de arcilla, discontinuas y delgadas, sobre la cara de los agregados, pocos poros tubulares finos, pocas raíces finas; presencia de plintita en aproximadamente el 20% del horizonte.

Bv3 (121-145 cm). Pardo muy pálido (10YR 8/3), en húmedo y seco. Franco arcilloso; estructura prismática, mediana, fuerte; consistencia muy firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado y duro en seco;

poros tubulares muy finos, pocos; pocas raíces finas; presencia de plintita en aproximadamente el 50% del horizonte; límite difuso y plano.

Bv4 (145-170). Pardo muy pálido (10YR 8/3), en húmedo y seco. Arcilloso; estructura prismática gruesa, fuerte; consistencia muy firme en húmedo, plástico y adherente en mojado, muy dura en seco; poros tubulares muy finos, verticales, pocos; pocas raíces finas; presencia de plintita en aproximadamente el 80% del horizonte; límite difuso y plano.

Bg (170-181). Pardo amarillo claro (10YR 6/4), en húmedo y seco; franco arcilloso; estructura prismática gruesa, fuerte, consistencia muy firme en húmedo, plástico y adherente en mojado, muy dura en seco; poros tubulares muy finos, pocos; pocas raíces finas; presencia de capa freática; límite gradual plano.

**Cuadro II. CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PEDON. CALABACITO, PARCELA DE ACACIA mangium.**

HORIZONTE	PROFUNDIDAD Cm	GRANULOMETRIA			DENSIDAD APARENTE g cm <sup>-3</sup>	TEXTU
		%				
		ARENA	LIMO	ARCILLA		
<b>Ao</b>	<b>0-10</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>44</b>		<b>ARC</b>
<b>Ap</b>	<b>10-22</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>40</b>		<b>ARC</b>
<b>Bt1</b>	<b>22-33</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>44</b>	<b>1.09</b>	<b>ARC</b>
<b>Bt2</b>	<b>33-47</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>52</b>		<b>ARC</b>
<b>Bt3</b>	<b>47-62</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>60</b>		<b>ARC</b>
<b>Bt4</b>	<b>62-82</b>	<b>44</b>	<b>16</b>	<b>40</b>		<b>ARC</b>
<b>Bv1</b>	<b>82-102</b>	<b>46</b>	<b>10</b>	<b>44</b>	<b>0.99</b>	<b>ARC/</b>
<b>Bv2</b>	<b>102-121</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>40</b>		<b>ARC</b>
<b>Bv3</b>	<b>121-145</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>38</b>		<b>FARC</b>
<b>Bv4</b>	<b>145-170</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>40</b>	<b>1.25</b>	<b>ARC</b>
<b>Bg</b>	<b>170-181</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		<b>FARC</b>

HORIZONTE	PH (H <sub>2</sub> O)	Bases cambiables			Suma de bases	Acidez Total	Al Extraíble	C.LC		Saturación de Bases	
		Ca	Mg	K				Suma de cationes	NH <sub>4</sub> OAc	Suma de cationes	NH <sub>4</sub> OAc
		C Mol(+) Kg <sup>-1</sup>								%	
Ao	4.4	4.9	0.05	0.1	5.05	3.0	Tr	8.05	12.5	63	40
Ap	4.5	0.8	0.03	0.06	0.89	3.1	Tr	3.99	11.8	22	7
Bt1	4.7	0.7	0.02	0.04	0.76	2.1	Tr	2.86	11.4	26	6
Bt2	4.7	0.7	0.02	0.05	0.77	2.0	Tr	2.77	10.8	27	7
Bt3	4.5	0.7	0.02	0.05	0.77	1.8	Tr	2.57	10.3	29	7
Bt4	4.8	0.7	0.02	0.05	0.77	1.6	Tr	2.37	8.4	32	9
Bv1	5.0	0.5	0.02	0.05	0.57	2.3	Tr	2.87	9.6	19	6
Bv2	4.9	0.2	0.02	0.06	0.28	3.9	Tr	4.18	8.4	7	3
Bv3	4.9	0.2	0.03	0.05	0.28	4.4	Tr	4.68	8.7	6	3
Bv4	4.9	0.1	0.04	0.05	0.19	5.8	0.5	5.99	9.4	3	2
Bg	5.0	0.7	0.03	0.06	0.79	5.0	0.4	5.79	8.8	14	9

Se realizó además una calicata de comparación en un área adyacente a la plantación de Acacia mangium, que mantenía su vegetación natural con predominancia de la especie Curatella americana (Chumico), se tomaron muestras para determinar las características químicas y físicas del suelo (Cuadro XXXIII, pág. 112). Los resultados obtenidos de estos análisis, coinciden en gran parte con los encontrados en el Perfil # 1, lo cual indica que efectivamente este suelo corresponde a un Ultisols.

**4.1.2 Perfil # 2. Correspondiente al suelo de la estación experimental de Calabacito, bajo la influencia de Pinus caribaea.**

**Cuadro III. CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS DEL PERFIL # 2**

Localidad	Calabacito
Latitud Norte	81° 00' 00''
Longitud Oeste	82° 04' 57''
Fisiografía	Pendiente cóncava aluvial antigua.
Elevación	110 msnm
Pendiente	3%
Permeabilidad	Buena
Capa freática	No se encontró
Drenaje	Bien drenado
Pedregosidad	Alta, Clase 4
Material Parental	Formado a partir de materiales sedimentarios integrados por lutitas, arcillas y conglomerados del Terciario, Oligoceno a Mioceno.
Vegetación	Pinus caribaea y sotobosque bien desarrollado.
Uso de la tierra	Protección de microcuencas hidrológicas.
Precipitación	2500 mm/ año
Condiciones de humedad del suelo	Régimen de humedad udico.
Descrito por	Ramón Isós
Fecha de descripción	10 de Octubre de 2001

#### **4.1.2.1 Breve descripción del perfil:**

El pedón posee un Epipedón úmbrico, sobre un horizonte argílico, la saturación de bases por suma de cationes es mayor de 35%, con alta concentración de arcilla en el horizonte B, que va decreciendo con la profundidad, siendo el índice de acidez moderado.

#### **4.1.2.2 Descripción de los horizontes del suelo:**

Ao (0-8 cm). Pardo muy oscuro (10YR 2/2), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3); franco arcilloso; estructura en bloques subangulares, mediano, moderado; consistencia firme en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; poros tubulares finos; raíces finas abundantes, medianas frecuentes, gruesas muy pocas; límite gradual y plano.

Bt1 (8-21 cm). Rojo amarillento (5YR 4/6), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, mediano, moderado; consistencia firme en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, películas de arcillas delgadas cubriendo la cara de los agregados; poros tubulares frecuentes, finos; raíces finas abundantes, medianas pocas, gruesas pocas, límite difuso y plano.

Bt2 (21-46 cm). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3); textura arcillosa, estructura en bloque subangulares, mediano, moderado; consistencia firme en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, dura en seco; muchas películas de arcillas cubriendo la cara de los agregados; raíces finas a muy finas frecuentes, raíces medias pocas, límite difuso y plano.

Bt3 (46- 75). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3); textura arcillosa; estructura en bloque subangular, mediano, moderado, consistencia firme en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, dura en seco; Muchas películas de arcilla cubriendo la cara de los agregados; pocos poros tubulares, muy finos, raíces finas pocas, medianas pocas; límite difuso y plano.

Bw1 (75-97 cm). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3), textura franco limosa; estructura en bloques subangular media, moderada, consistencia firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente; pocos poros tubulares finos; raíces finas pocas, contacto paralítica en el horizonte; límite difuso y plano.

Bw2 (97-119). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3), textura franca limosa; estructura prismática gruesa, que rompe a bloques subangular, gruesos y moderados; consistencia firme en húmedo,

ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, poros tubulares finos frecuentes; fragmentos litológicos gruesos mayor de 15 cm de largo en 30% del horizonte, límite difuso y plano.

Bw3 (119-135). Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4), en húmedo y pardo oscuro en seco (10YR 3/3); textura franco limosa; estructura prismática gruesa; consistencia firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, fuerte en seco; poros tubulares frecuentes finos; contacto lítico en todo el horizonte.

**Cuadro IV. CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PEDON. CALABACITO, PARCELA DE PINUS caribaea**

HORIZONTE	PROFUNDIDAD Cm	GRANULOMETRIA %			DENSIDAD APARENTE g cm <sup>-3</sup>	TEXTU
		ARENA	LIMO	ARCILLA		
<b>Ao</b>	<b>0-8</b>	<b>66</b>	<b>22</b>	<b>12</b>		<b>FA</b>
<b>Bt1</b>	<b>8-21</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>40</b>		<b>ARC</b>
<b>Bt2</b>	<b>21-46</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>1.15 a 23 cm</b>	<b>ARC</b>
<b>Bt3</b>	<b>46-75</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>1.09 a 36 cm</b>	<b>ARC</b>
<b>Bw1</b>	<b>75-97</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>10</b>	<b>1.00 a 58 cm</b>	<b>FL</b>
<b>Bw2</b>	<b>97-119</b>	<b>26</b>	<b>50</b>	<b>24</b>	<b>1.07 a 80 cm</b>	<b>FL</b>
<b>Bw3</b>	<b>119-135</b>	<b>28</b>	<b>70</b>	<b>2</b>		<b>FL</b>

HORIZONTE	PH (H <sub>2</sub> O)	Bases cambiables			Suma de bases	Acidez Total	Al Extraíble	C.I.C		Saturación de Bases	
		Ca	Mg	K				Suma de cationes	NH <sub>4</sub> OAc	Suma de cationes	NH <sub>4</sub> OAc
		C Mol(+) Kg <sup>-1</sup>								%	
Ao	5.8	7.60	2.17	0.20	9.97	0.1	-	10.07	50	99	20
Bt1	5.3	4.30	1.67	0.16	6.13	0.1	-	6.23	49.6	98	12
Bt2	5.2	3.20	1.17	0.14	4.51	0.2	-	4.71	44	96	10
Bt3	5.3	3.0	1.33	0.14	4.47	0.3	-	4.77	51.6	94	9
Bw1	5.2	3.0	1.17	0.10	4.27	0.2	-	4.47	56.0	96	8
Bw2	5.2	4.70	1.83	0.12	6.65	0.2	-	6.85	47.6	97	14
Bw3	5.3	4.20	1.83	0.10	6.13	0.1	-	6.23	41.2	98	15

Se procedió igualmente a realizar una calicata en un área cercana, sin la influencia de las plantaciones de *Pinus caribaea*, que mantenía vegetación natural, los análisis de las muestras (Cuadro XXXIV, pág. 118), en el laboratorio corroboraron que efectivamente el tipo de suelo presente en esta área corresponde a un alfisols.

**4.1.3 Perfil # 3. Correspondiente al suelo de la reserva Forestal de la Yeguada, bajo la influencia de Pinus caribaea.**

**Cuadro V. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DEL PERFIL # 3.**

Localidad	La Yeguada
Latitud Norte	8° 30' 30''
Longitud Oeste	80° 50' 00''
Fisiografía	Terraza aluvial.
Elevación	1200 msnm
Pendiente	1 %
Permeabilidad	Rápida
Capa freática	No se encontró
Drenaje	Moderado a bueno.
Pedregosidad	No se observó afloramiento rocoso
Material Parental	Sedimentos aluviales antiguos, altamente meteorizados.
Vegetación	Plantación de <u>Pinus caribaea</u> y sotobosque bien desarrollado.
Uso de la tierra	Protección de Cuenca Hidrográfica
Precipitación	3000 mm/ año
Condiciones de Humedad del suelo	De régimen Udico.

Descrito por	Ramón Isos
Fecha de descripción	2 de diciembre de 2001

#### **4.1.3.1 Breve descripción general del perfil:**

El pedón posee epipedón ócrico, sobre un horizonte argílico. El porcentaje de saturación de bases es bajo, siendo menor del 35%. No se encontró contacto lítico, ni paralítico dentro de los primeros 50 cm de profundidad y el porcentaje de materia orgánica decrece con la profundidad, siendo el índice de acidez muy alto.

#### **4.1.3.2 Descripción de los horizontes del suelo.**

Ap (0-15 cm). Pardo oscuro (7.5YR 4/4), en húmedo y seco; textura franco arcillo limosa, estructura en bloque subangulares, medios, débiles que rompe a granular; friable en húmedo, ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, suelto en seco, poros tubulares finos, pocos, verticales; raíces finas abundantes, medianas frecuentes, límite claro y plano.

A (15-30 cm). Pardo oscuro(7.5 YR 4/4), en húmedo y pardo muy pálido (10 YR 7/4) en seco; textura franco arcillo limosa, manchas de color moteadas, medianas, definidas, nitidez brusca, de color pardo (7.5 YR 5/4); estructura en bloques subangular, medios, moderados; friable en húmedo, plástico, ligeramente

adhesivo en mojado; poros tubulares, finos, frecuentes; raíces finas, medianas y gruesas frecuentes; límite claro y plano.

Bt1 (30-51). Rojo oscuro (2.5 YR 3/6), en húmedo, textura franco arcillo limoso; manchas medianas, destacadas, brucas, de color pardo (7.5 YR 5/6); estructura en bloques subangulares, medios moderados; consistencia friable en húmedo, ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, poros tubulares finos pocos; pocas concreciones de hierro; raíces finas pocas, medianas frecuentes, grandes muy pocas; límite difuso e irregular.

Bt2 (51-90 cm). Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4); textura franco; estructura prismática, en bloques subangulares medios, débiles; friable en húmedo, ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, pocos poros tubulares; presencia de arcilla sobre la cara de los agregados; concreciones de hierro y manganeso esféricas pocas (3%); raíces finas pocas, medias frecuentes y gruesas muy pocas; límite difuso y ondulado.

Bt3 (90-115 cm). Pardo amarillo oscuro (10 R 4/6), en húmedo; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares; friable en húmedo; ligeramente adhesivo, ligeramente plástico en mojado, pocas concreciones de hierro; pocos poros finos; raíces finas muy pocas, medianas pocas; límite gradual y plano.

**Cuadro VI. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL PEDON, LA YEGUADA, PARCELA DE PINUS caribaea**

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	GRANULOMETRIA			DENSIDAD APARENTE g cm <sup>-3</sup>	TEXTU
		%				
		ARENA	LIMO	ARCILLA		
Ap	0-15	50	24	26		FAR
A	15-30	40	20	40	0.89 A 30 cm	FAR
Bt1	30-51	42	28	30		FAR
Bt2	51-90	52	24	24	0.81 a 60 cm	FAR
Bt3	90-115	66	22	12		FA

HORIZONTE	PH (H <sub>2</sub> O)	Bases Cambiables			Suma de bases	Acidez Total	Al Extraible	C.I.C		Saturación de Bases	
		Ca	Mg	K				Suma de cationes	NH <sub>4</sub> OAc	Suma de cationes	NH <sub>4</sub> OAc
		C Mol(+) Kg <sup>-1</sup>								%	
Ap	4.8	0.3	0.1	0.1	0.5	19.7	4.3	20.2	12.6	2	4
A	4.5	Tr	0.1	0.1	0.2	19.2	4.1	19.4	13.5	1	1
Bt1	4.5	0.8	0.1	0.1	1.0	14.2	3.2	15.2	9.3	7	11
Bt2	4.6	1.1	0.6	Tr	1.7	11.0	2.3	12.7	11.2	13	15
Bt3	4.9	0.9	0.1	Tr	1.9	12.3	3.5	14.2	10.6	13	18

Siguiendo la misma metodología, se procedió a hacer un muestreo en un área cercana que mantenía la vegetación natural. Los análisis físicos y químicos (Cuadro XXXV, pág. 120) indicaron que estos suelos al igual que los encontrados en las plantaciones son ácidos, con bajo porcentaje de bases cambiables y principalmente del tipo ultisol.

## 4.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS PERFILES DE CAMPO.

Para realizar la clasificación taxonómica de los perfiles se tomaron en cuenta los parámetros descritos en los análisis químicos y descripciones de campo. Esta información fue revisada y analizada de acuerdo a lo establecido en el libro **Keys to Soil Taxonomy** de la Soil Survey Staff, pudiéndose así establecer la siguiente clasificación para los perfiles estudiados.

**4.2.1 Perfil #1. Correspondiente al suelo de la estación experimental de Calabacito, bajo la influencia de Acacia mangium.**

**Cuadro VII. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PERFIL #1.**

<b>Orden</b>	<b>Ultisols</b>
<b>Sub Orden</b>	<b>Udults</b>
<b>Gran Grupo</b>	<b>Plithudults</b>
<b>Sub Grupo</b>	<b>Typic Plinthudults</b>
<b>Familia</b>	<b>Fino, mezclado, isohipertérmico, Typic Plinthudults</b>
<b>Serie</b>	<b>Calabacito # 1</b>

### **Orden: Ultisols**

Se clasifica el suelo en este orden por presentar un horizonte argílico, con un hue de 5 YR y un value húmedo de 4, no presenta fragipan y la saturación de bases por el método de suma de cationes es menor del 35%.

**Sub Orden: Udults**

Debido a que el suelo tienen un régimen de humedad udico.

**Gran Grupo: Plinthudults**

Por presentar plintita que forma una fase continua o bien constituyen más de la mitad de uno de los subhorizontes dentro de los primeros 150 cm de profundidad de superficie de suelo mineral.

**Sub Grupo: Typic Plinthudults**

No presenta subgrupo definido.

**4.2.2. Perfil #2. Correspondiente al suelo de la estación experimental de Calabacito, bajo la influencia de Pinus caribaea.**

**Cuadro VIII. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PERFIL # 2**

<b>Orden</b>	<b>Alfisols</b>
<b>Sub Orden</b>	<b>Udalfs</b>
<b>Gran Grupo</b>	<b>Hapludalfs</b>
<b>Sub Grupo</b>	<b>Typic Hapludalfs</b>
<b>Familia</b>	<b>Fino, mezclado, isohipertermico, typic hapludalfs.</b>
<b>Serie</b>	<b>Calabacito # 2</b>

**Orden: Alfisols**

Su morfología refleja como principal proceso formador la iluviación de arcilla, mostrándose de manera intensa en el Horizonte B. Además, poseen una saturación de bases por suma de cationes mayor de 35%.

**Sub Orden: Udalfs**

Presentan un régimen de humedad udico.

**Gran Grupo: Hapludalf.**

Tienen un horizonte argílico que horizontal y verticalmente es continuo por lo menos en los 20 cm superiores.

Tienen una capacidad de intercambio catiónico mayor de  $24 \text{ Cmol (+) Kg}^{-1}$  de arcilla, determinado por método de extracción con acetato de amonio.

Tiene un horizonte argílico con una saturación de bases (por suma de cationes) mayor de 75%.

**Sub Grupo: Typic Hapludalfs.**

No presenta subgrupos definidos

**4.2.3 Perfil # 3. Correspondiente al suelo de la Reserva Forestal de La Yeguada, bajo la influencia de Pinus caribaea.**

**Cuadro IX. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PERFIL # 3.**

<b>Orden</b>	<b>Ultisols</b>
<b>Sub Orden</b>	<b>Humults</b>
<b>Gran Grupo</b>	<b>TropoHumults</b>
<b>Sub Grupo</b>	<b>Plintic Tropohumult</b>
<b>Familia</b>	<b>Franco fino, mezclado, isohipertermico, plintic tropohumult</b>
<b>Serie</b>	<b>La Yeguada # 3</b>

**Orden: Ultisols**

Aunque el pedón no presenta los requerimientos de incremento de arcilla para un horizonte argílico, su clasificación dentro de este orden se debe a la presencia de recubrimientos de arcilla en los agregados del horizonte B. Además el porcentaje de saturación de bases por el método de suma de cationes es menor del 35%.

**Sub Orden: Humults**

Tienen más de 0.9% de materia orgánica sobre los 15 cm del horizonte argílico.

**Gran Grupo: Tropohumult:**

Presentan baja saturación de bases, con un epipedón ócrico.

**Sub Grupo: Plintic Tropohumult**

Debido a la presencia en el suelo de plintita en los horizontes inferiores del perfil.

#### 4.3 Determinación de la cantidad de lombriz de tierra (Lumbricus terrestris).

La cantidad de lombriz de tierra, detectada en las diferentes localidades y bajo la influencia de las plantaciones estudiadas fue mayor en los muestreos superficiales (0-10cm), disminuyendo el número con la profundidad de muestreo(Cuadro X, pág. 57 y Fig. 1, pág. 58). No se encontró ningún anélido por debajo de los 30 cm de profundidad. Al evaluar la cantidad de lombrices en la asociación natural predominante se detectan pocos anélidos, encontrándose los mismos en los primeros 10 cm de profundidad.

Cuando se compara la cantidad de lombrices encontradas en cada plantación estudiada, se aprecia que la cantidad de individuos en los primeros 10 cm de profundidad es mayor en las plantaciones de pinos, superando en un 37% y 28% a los encontrados en la parcela de acacia. Tal situación puede atribuirse a que las plantaciones de pinos tienen aproximadamente más de 10 años de establecidas que las de acacia, logrando acumular un colchón de hojarasca y residuos en el suelo, lo que ha favorecido la actividad de la macrofauna del suelo

Estos resultados obtenidos, son corroborados por Name y Villareal (2000), quienes encontraron que la cantidad de lombrices de tierra, en suelos ultisoles bajo pasto nativo y Curatella americana, fue significativamente menor que en los suelos bajo la influencia de Acacia mangium.

Coleman (1986), plantea que las lombrices de tierra mejoran las propiedades físicas del suelo como resultado de la construcción de galerías y depósito de excremento de las lombrices en el perfil; existe una correlación positiva entre la densidad de lombrices y el porcentaje agregado estable en el agua; también mejoran las propiedades químicas y biológicas al ingerir y mezclar con el suelo desechos de origen animal y vegetal que se incorporan a la materia orgánica de este, distribuyéndolos a lo largo del perfil (Syers y Springett, 1984).

**Cuadro X. CANTIDAD DE LOMBRICES DE TIERRA (LUMBRICUS terrestris) EN DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SUELO Y PARA DIFERENTES PLANTACIONES Y LOCALIDADES.**

LOCALIDAD	PLANTACIONES	PROFUNDIDAD (cm)	CANTIDAD DE LOMBRICES (individuos)
CALABACITO	<u>Acacia mangium</u>	0-10	10
		10-20	6
		20-30	3
CALABACITO	<u>Pinus caribaea</u>	0-10	16
		10-20	5
		20-30	2
CALABACITO	Pasto natural y <u>Curatela americana</u>	0-10	2
		10-20	-
		20-30	-
LA YEGUADA	<u>Pinus caribaea</u>	0-10	14
		10-20	4
		20-30	3
LA YEGUADA	Pasto natural y <u>Curatela americana</u>	0-10	3
		10-20	-
		20-30	-

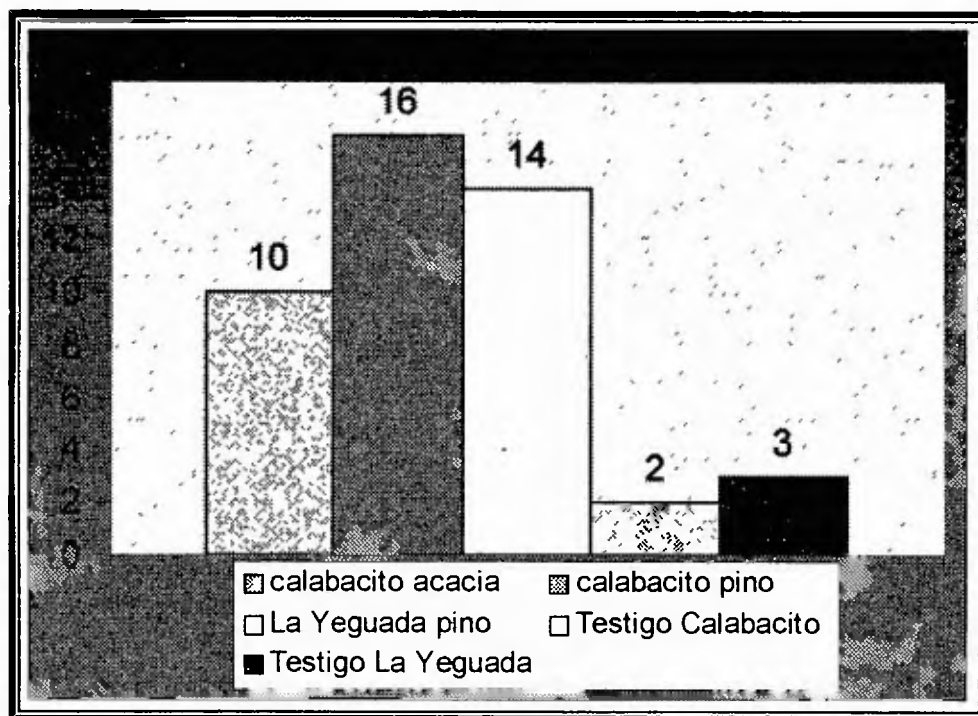


Figura 1. Cantidad de lombrices de tierra por localidad y plantación a 10 cm de profundidad.

#### 4.4 Cantidad de raíces determinadas en las asociaciones estudiadas.

Al realizar la determinación de raíces a diferentes profundidades, en las plantaciones estudiadas, en los tres sitios de muestreos, se detectó su presencia hasta los 80 cm de profundidad. Mientras que en los testigos con pasto natural y Curatella americana solo se detectó hasta los 30 cm de profundidad, tal como lo muestran los Cuadros XI, pág. 60; XII y XIII, pág. 61, que presentan el peso de las raíces a diferentes profundidades. En todos los casos, se observó una clara tendencia de disminución de la cantidad de raíces conforme aumentaba la profundidad de muestreo.

La cantidad de raíces total obtenidas en la plantación de Acacia mangium, en comparación con las plantaciones de Pinus caribaea para las dos localidades es significativamente mayor.

El peso de raíces por volumen de suelo en la parcela de Acacia mangium supera en más de 1800% en los primeros 10 cm de profundidad, al peso de raíces encontrado en la asociación de pasto natural y Curatella americana (Cuadro XI, pág. 60)

En las plantaciones de pino (Calabacito), el peso de raíces por volumen de suelo supera en 327% en los primeros 10 cm de profundidad al encontrado en la asociación natural (Cuadro XII, pág. 62).

De igual manera, en las plantaciones de pino de la Yeguada se aprecia que el peso de raíces por volumen de suelo supera en 340% al encontrado en la asociación natural en los primeros 10 cm de profundidad (Cuadro XIII, pág. 63). Este resultado muestra similar comportamiento al observado en la plantación de pino en Calabacito.

**Cuadro XI. PESO DE RAÍCES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN UN VOLUMEN DE SUELO DE 0.025 M<sup>3</sup> BAJO PLANTACIÓN DE ACACIA mangium VS TESTIGO. CALABACITO 2002.**

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Asociación <u>Acacia mangium</u> + <u>Brachiaria humidicola</u> (g)</b>	<b>Asociación <u>Curatella</u> <u>americana</u> + Pasto natural (g)</b>
0-10	760	40.72
10-20	83.3	51.78
20-30	33.87	6.94
30-40	28.33	Trazas
40-50	20.30	Trazas
50-60	16.20	Trazas
60-70	10.10	Trazas
70-80	0.92	Trazas

**Cuadro XII. PESO DE RAÍCES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN UN VOLUMEN DE SUELO DE 0.025 M<sup>3</sup> BAJO PLANTACIÓN DE PINUS caribaea VS TESTIGO. CALABACITO 2002.**

Profundidad (cm)	Asociación <u>Pinus caribaea</u>	
	+ Sotobosque (g)	Pasto natural (g)
0-10	85.20	26.01
10-20	48.90	26.69
20-30	11.87	11.84
30-40	6.33	Trazas
40-50	2.73	Trazas
50-60	1.10	Trazas
60-70	1.82	Trazas
70-80	0.90	Trazas

**Cuadro XIII. PESO DE RAÍCES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN UN VOLUMEN DE SUELO DE 0.025 M<sup>3</sup> BAJO PLANTACIÓN DE PINUS caribaea VS TESTIGO. LA YEGUADA 2002.**

Profundidad (cm)	Asociación <u>Pinus caribaea</u>	
	+ Sotobosque (g)	Pasto natural (g)
0-10	107.90	31.4
10-20	68.80	24.3
20-30	200	12.6
30-40	91.58	Trazas
40-50	146.07	Trazas
50-60	56.68	Trazas
60-70	10.57	Trazas
70-80	7.54	Trazas

La determinación de estos parámetros reviste gran importancia agronómica y ecológica, principalmente, por la capacidad que tienen estas especies forestales de acumular el carbono atmosférico no solo en la parte aérea, sino también en el perfil del suelo a través de la dinámica de las raíces, además de jugar un papel importante en el mejoramiento de la fertilidad.

La presencia de gran cantidad de raíces a diferentes profundidades en las plantaciones estudiadas versus el testigo de pasto natural, nos indican que las plantaciones forestales juegan un importante papel en el secuestro de CO<sub>2</sub>, lo que actualmente permite aceptar que tanto los bosques naturales, como las plantaciones sean reconocidas a escala global como generadores de un importante servicio ambiental. Además de ser una alternativa viable en la reforestación de áreas degradadas.

Los resultados obtenidos coinciden con los estudios realizados por Ramírez et al., (1999), los cuales reportaron que los niveles de secuestro de CO<sub>2</sub> aumentan significativamente durante el primer ciclo de plantación en un 20%, lo que permite darle un valor a este servicio ambiental, haciendo la actividad de manejo de las plantaciones una actividad más rentable que vender o transformar la tierra para uso ganadero o agrícola por sus limitaciones naturales de fertilidad.

Octavio (1999), en Costa Rica, plantea que una de las formas de reducir la presión sobre los bosques naturales remanentes y prolongar la vida útil de los ecosistemas, fue la de promover la siembra de plantaciones forestales que son capaces del almacenamiento de carbono, estimándose que en los últimos 20 años las plantaciones forestales en Costa Rica han mantenido un promedio anual de 1,5 millones de toneladas métricas de carbono almacenado.

Name y Villareal (2001), en estudio realizado sobre el procedimiento de extracción de raíces entre la asociación de Acacia mangium y Brachiaria humidicola de cinco años de establecida y la asociación natural del ecosistema, plantean que el peso por volumen de suelo supera en más de 250% a la asociación natural del ecosistema en los primeros 10 cm de profundidad.

#### **4.5 Densidad Aparente de los suelos, con diferentes manejos y por localidad de ubicación.**

En el Cuadro XIV, pág. 66 y Fig. 2, pág. 66 se presenta la densidad aparente del suelo con los diferentes tipos de manejo bajo plantaciones. La misma tiende a reducirse entre un 10 y un 25% cuando la comparamos con el suelo que presenta la vegetación natural.

Se considera que la mayor densidad aparente observada en los suelos que mantenían plantaciones de Acacia mangium y Pinus caribaea en la localidad de Calabacito, con respecto a la plantación de Pinus caribaea de la Yeguada, se debe principalmente al efecto de compactación producida por el pisoteo del ganado que de forma programada entra en estas áreas, no ocurriendo lo mismo en la Yeguada cuyas tierras están dedicadas exclusivamente a la protección de cuencas, además de que los suelos tienen una alta influencia volcánica y una estructura que rompe a granular, lo que favorece la porosidad y los hace más sueltos.

A medida que la compactación del suelo aumenta, la densidad aparente se hace mayor, dificultando la penetración de raíces hacia horizontes más profundos, por lo que suelos con vegetación natural y densidad aparente alta presentan pocas raíces con el incremento de la profundidad. Por el contrario al disminuir la

densidad aparente, la porosidad aumenta y el desarrollo del sistema radicular de las plantas es mayor.

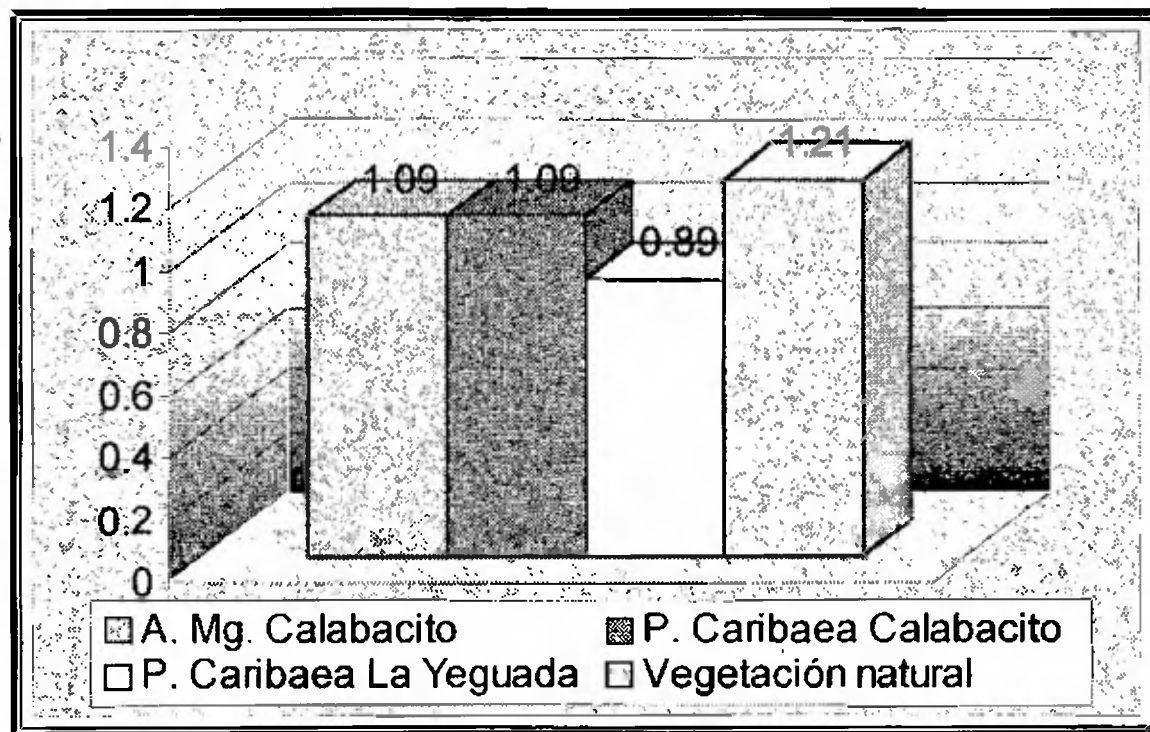
La determinación de la densidad aparente, es de gran importancia, ya que la misma mantiene una estrecha relación con otras propiedades físicas de los suelos tales como textura, estructura, porosidad, calor específico, retención de humedad y movimiento del agua y aire en el suelo.

Resultados similares a los encontrados en este estudio, fueron reportados por Maestre y Vásquez (1976), en un estudio realizado en suelos Cubanos, los mismos plantearon que la densidad aparente de los suelos no cultivados, por lo general varía entre 1.0 y 1.6 y que la variación es motivada en gran parte, a causa de las diferencias en la capacidad total de porosidad (volumen total de poros).

Name y Villareal (2001), en un estudio realizado sobre la "Dinámica del suelo en plantaciones de Acacia mangium asociado al pasto Brachiaria humidicola", reportaron valores muy similares a los obtenidos en esta investigación y una tendencia al aumento de la densidad aparente causada por la compactación producida por el pisoteo del ganado.

**Cuadro XIV. DENSIDAD APARENTE DEL SUELO, CON DIFERENTES TIPOS DE MANEJO Y EN DIFERENTES LOCALIDADES.**

Profundidad de muestreo (cm)	Suelos con Acacia mangium. Calabacito	Suelos con Pinus caribaea Calabacito	Suelos con Pinus caribaea La Yeguada	Suelos bajo vegetación natural.
0-30	1.09	1.09	0.89	1.21



**Figura 2. Densidad aparente en diferentes plantaciones.**

#### **4.6 Determinación de la Materia Orgánica bajo las diferentes asociaciones estudiadas.**

Las plantaciones forestales aportan una gran cantidad de materia orgánica (hojas, ramas, raíces), la cual enriquece los horizontes superiores del suelo, tal como lo demuestra la Cuadro XV, pág. 69. El porcentaje de materia orgánica disminuye con la profundidad de muestreo, reportándose en las tres plantaciones estudiadas los mayores valores en los primeros 30 cm de profundidad, (Fig. 3, pág. 70).

En la plantación de *Acacia mangium* el porcentaje de materia orgánica alcanza un promedio de 4.22% en los primeros 22 cm de profundidad, en la de *Pinus caribaea* (Calabacito) un 3.62% a 21 cm de profundidad y 3.68% en la plantación de *Pinus caribaea* (La Yeguada) a 31 cm de profundidad.

Al comparar el porcentaje de materia orgánica del suelo de las plantaciones de *Acacia mangium*, Pino de Calabacito y *Pinus caribaea* en La Yeguada, con los testigos que mantenían pasto natural, los valores encontrados fueron altamente significativos, superando los mismos al testigo en un 65%, 63% y 65%, respectivamente, para profundidades hasta los 20 cm, lo cual indica que el aporte de materia orgánica por estas plantaciones forestales al suelo son importantes y que la misma tiende a mejorar y recuperar las condiciones físicas, químicas y biológicas de estos suelos degradados.

La materia orgánica en el suelo ofrece una gran cantidad de beneficios, ya que tiende a mejorar las características físicas y químicas de los suelos, además de actuar como liberador o acumulador de carbono atmosférico, dependiendo del manejo que se le dé al sistema.

Estudios similares a los nuestros, que reportan la importancia de la materia orgánica, sobre los suelos, fueron reportadas por Swift et al., (1979), quienes planteaban que los principales beneficios de la materia orgánica en el suelo son: liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes en forma disponible para las plantas, a través de la mineralización; mejoran las propiedades químicas de intercambio catiónico; formación de sustancias orgánicas solubles; estabilización de la acidez; favorece las propiedades físicas estudiadas mediante la formación de agregados; mejora la infiltración de agua, reduce las pérdidas por evaporación, mejora el drenaje del suelo; estimula el desarrollo radicular y la actividad de macro y microorganismos del suelo.

Allison(1973); Kononova(1967); Williams y Joseph (1973), plantean que los cambios que se producen en el proceso de descomposición de la materia orgánica tiene como resultado habilitarla para retener cationes y aniones, los cuales forman el mayor grupo de nutrimentos de la planta.

Sánchez (1981), en un estudio realizado en suelos con vocación forestal en Pinar del Río, Cuba, estableció que la distribución del carbono orgánico en el perfil para suelos de áreas boscosas presenta una mayor acumulación de Materia Orgánica en el horizonte A como resultado de la caída de hojarascas y la naturaleza superficial de las raíces de los árboles forestales.

**Cuadro XV. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO BAJO LAS DIFERENTES ASOCIACIONES, PROFUNDIDADES Y LOCALIDADES ESTUDIADAS**

LOCALIDAD	ASOCIACION	PROFUNDIDAD (cm)	MATERIA ORGANICA %
C A L A B A C I T O	ACACIA MANGIUM	0-10	4.29
		10-22	4.15
		22-33	1.61
		33-47	2.55
		47-62	0.27
		62-82	0.13
		82-102	0.13
		102-121	0.27
		121-145	0.13
		145-170	0.13
	170-180	0.13	
	PINUS CARIBAEA	0-8	4.16
		8-21	3.08
		21-46	0.84
46-75		1.07	
75-97		0.40	
97-119		0.13	
119-135	0.13		
LA YEGUADA	PINUS CARIBAEA	0-5	4.95
		5-31	2.41
		31-50	2.36
		50-71	1.74
		71-81	0.74
		81-114	0.55
114-172	0.54		

CALABACITO	TESTIGO DE PINO ASOCIACION NATURAL	0-10	25
		10-20	21
CALABACITO	TESTIGO DE ACACIA ASOCIACION NATURAL	0-10	30
		10-20	25
LA YEGUADA	TESTIGO DE PINO ASOCIACION NATURAL	0-10	28
		10-20	20

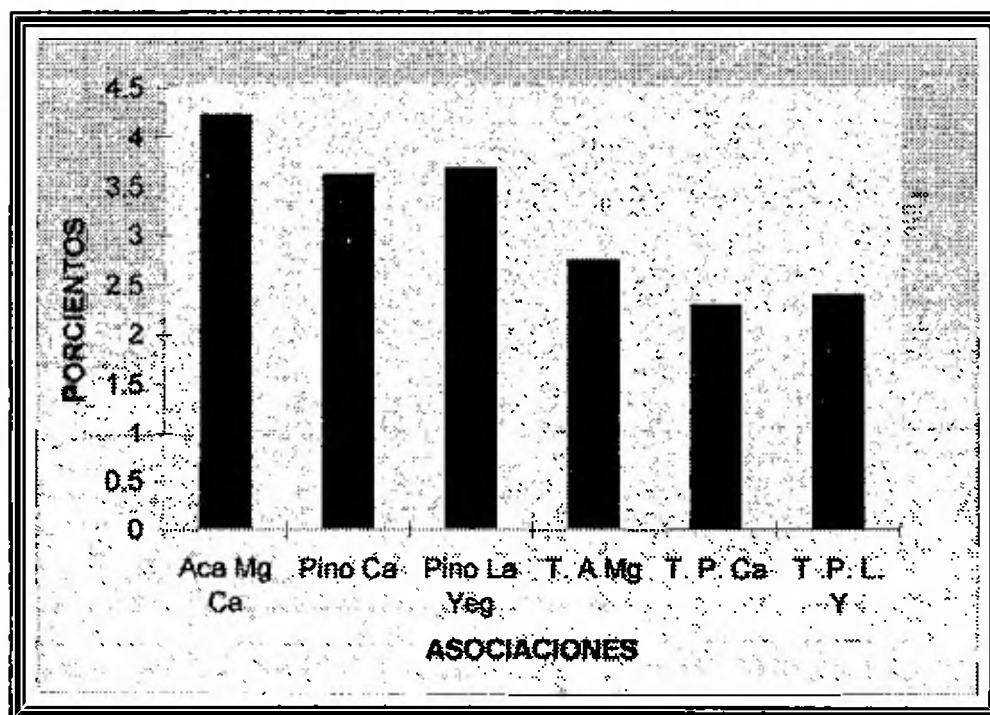


Figura 3. Porcentajes de materia orgánica en diferentes asociaciones.

#### **4.7 Determinación de la Infiltración de agua en el suelo para diferentes condiciones de campo.**

Los Cuadros XVIII, XXI y XXIV, resumidos en la Fig. 4, pág. 84, establecen la comparación de la velocidad de Infiltración media del agua en los sistemas bajo estudio.

El Cuadro XVIII, pág. 76, presenta la lámina de infiltración acumulada en un suelo alfisol bajo la influencia de plantaciones de Pinus caribaea en la localidad de Calabacito. La misma supera en un 40%, al suelo con vegetación natural, para un tiempo de muestreo de 4.25 horas. De igual manera, se encontró una mayor velocidad de infiltración en este sistema.

Al comprar la velocidad de infiltración en el suelo sembrado de Acacia mangium con uno que mantenía vegetación natural (Cuadro XXI, pág. 79), se observa un incremento de 57 % en la lámina de infiltración acumulada en 4.25 horas, y un aumento de igual porcentaje en la velocidad de infiltración media.

Igual estudio se realizó en la localidad de la Yeguada en un suelo ultisol bajo la influencia de plantaciones de Pinus caribaea, obteniéndose un incremento de 42% en la lámina de infiltración acumulada, sobre el testigo de un suelo con

vegetación natural (Cuadro XXIV, pág. 82). También se determinó una mayor velocidad de infiltración media en el suelo bajo la influencia de Pino.

Al comparar la velocidad de infiltración media (cm/hr), para las tres plantaciones estudiadas se determinó que las plantaciones de Pinus caribaea presentan una velocidad de infiltración de agua mayor, que las plantaciones de Acacia mangium. Se atribuye este fenómeno a que los suelos que mantienen plantaciones de Acacia mangium en este caso, son pastoreados regularmente lo que hace que exista una mayor compactación del suelo y por tanto menor espacio poroso que permita una circulación del agua más fácil. De igual manera 10 años más del establecimiento de las plantaciones de pino, han provocado que los procesos de descomposición de la materia orgánica y la acumulación de humus mejoren la estructura del suelo.

La determinación de la velocidad de infiltración media en este estudio es de gran importancia toda vez que nos indica que las plantaciones forestales juegan un importante papel en el aprovechamiento de la lluvia efectiva y en el mejoramiento del ciclo hidrológico de las cuencas, traduciéndose esto en la disminución de la escorrentía y por tanto de la erosión laminar, permitiendo de este modo la recuperación de estos suelo tan degradados.

Los datos obtenidos en este estudio son corroborados por Wolf (1975), que en un estudio de suelos realizado en Puerto Rico, encontró que la infiltración

acumulada en los suelos Ultisoles tuvo un promedio de 20 cm y que este alto promedio se atribuye al movimiento lateral del agua, primeramente a través de grietas existentes debido a una mineralogía mixta 1:1 y 2:1 y al pesado horizonte argílico inferior.

Bruijnzeel (1999), establece que tanto los bosques naturales, como las plantaciones suelen tener una buena infiltración, ya que su amplia estructura de raíces abre muchos poros en el suelo y la vegetación lo protege de la compactación.

Kaimowitz (2001), plantea que la deforestación aumenta la escorrentía, cuando el uso que se le da al suelo, reemplaza los bosques y reduce la infiltración de agua en el suelo.

Name y Villareal (2001), en estudio sobre la Dinámica del suelo en plantaciones de Acacia mangium asociado con pasto mejorado, encontraron valores similares a los nuestros en los que tanto la lámina de agua infiltrada, como la velocidad de infiltración eran superiores al testigo con pasto natural.

Cuadro XVI. DATOS DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN PLANTACIONES DE PINUS caribaea. LOCALIDAD DE CALABACITO. TIPO DE SUELO ALFISOLS.

Tiempo (minutos)	Lecturas (cm)	Lecturas actual-anterior (cm)	Lecturas * Acumuladas (cm)	Tiempo Actual-anterior (minutos)	Velocidad de Infiltración (cm/minutos)
0	0.8	0	0	0	0
1	2.2	1.4	1.4	1	1.4
2	4.2	2.0	3.4	1	2.4
3	5.8	1.6	5.0	1	1.6
4	9.8	4.0	9.0	1	4.0
5	13.3	3.5	12.5	1	3.5
10	16.8	3.5	16.0	5	0.7
20	21.8	5.0	21.0	10	0.5
30	26.8	5.0	26.0	10	0.5
60	32.3	5.5	31.50	30	0.18
120	39.3	7.0	38.50	60	0.12

\*Infiltración acumulada

**Cuadro XVII. DATOS DE INFILTRACIÓN DE AGUA. TESTIGO, SUELO CON VEGETACIÓN NATURAL. LOCALIDAD DE CALABACITO. TIPO DE SUELO ALFISOLS.**

Tiempo (minutos)	Lecturas (cm)	Lecturas (actual-anterior) (cm)	Lecturas * Acumuladas (cm)	Tiempo Actual-anterior (minutos)	Velocidad Infiltración (cm/minuto)
0	0.5	0	0	0	0
1	1.0	0.5	0.5	1	0.5
2	1.6	0.6	1.10	1	0.6
3	2.3	0.7	1.80	1	0.7
4	3.1	0.8	2.60	1	0.8
5	3.9	0.8	3.40	1	0.8
10	4.9	1.0	4.40	5	0.2
20	6.9	2.0	6.40	10	0.2
30	10.1	3.2	9.60	10	0.32
60	13.1	3.0	12.6	30	0.10
120	16.1	3.0	15.6	60	0.05

\* Infiltración acumulada.

**Cuadro XVIII. COMPARACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN MEDIA EN SUELO ALFISOLS BAJO LA INFLUENCIA DE PLANTACIONES DE PINUS caribaea VS SUELO CON VEGETACIÓN NATURAL.**

Tratamientos Evaluados	Tiempo de Infiltración (minutos)	Lámina Infiltrada Acumulada (cm)	Velocidad de Infiltración media (cm/hr)
<b>Suelo sembrado con <u>Pinus caribaea</u> y sotobosque denso.</b>	<b>255</b>	<b>38.6</b>	<b>9.05</b>
<b>Suelo con vegetación natural.</b>	<b>255</b>	<b>15.6</b>	<b>3.67</b>

**Cuadro XIX. DATOS DE INFILTRACIÓN DE AGUA. TESTIGO, VEGETACIÓN NATURAL Y CURATELLA americana. LOCALIDAD DE CALABACITO. TIPO DE SUELO ULTISOLS.**

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Lecturas (cm)</b>	<b>Lecturas Actual-anterior (cm)</b>	<b>Lecturas* Acumuladas (cm)</b>	<b>Tiempo Actual-anterior (minutos)</b>	<b>Velocidad Infiltración (cm/minuto)</b>
0	0.5	0	0	0	0
1	2.5	2	2	1	2
2	4.7	2.2	4.2	1	2.2
3	6.5	1.8	6	1	1.8
4	7.5	1.0	7	1	1.0
6	8.2	0.7	7.7	2	0.35
10	8.7	0.5	8.2	4	0.13
20	9.2	0.5	8.7	10	0.05
30	9.6	0.4	9.10	10	0.04
60	11.10	1.5	10.6	30	0.05
120	13.90	2.8	13.4	60	0.04

- Infiltración acumulada.

**Cuadro XX. DATOS DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN PLANTACIONES DE ACACIA mangium. LOCALIDAD DE CALABACITO. TIPO DE SUELO ULTISOLS.**

Tiempo (minutos)	Lecturas (cm)	Lecturas Actual-anterior	Lecturas * Acumuladas (cm)	Tiempo Actual-anterior (minutos)	Velocidad Infiltración (cm/minuto)
0	0.5	0	0	0	0
1	1.5	1	1	1	1
2	3.0	1.5	2.5	1	1.5
4	4.8	1.8	4.3	2	0.9
5	6.0	1.2	5.5	1	1.2
10	7.0	1.0	6.5	5	0.2
20	8.8	1.8	8.3	10	0.18
30	11.8	3.0	11.3	10	0.30
45	14.8	3.0	14.3	15	0.20
60	18.3	3.5	17.8	15	0.23
120	23.8	5.5	23.3	60	0.09

\* Infiltración acumulada.

**Cuadro XXI. COMPARACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN MEDIA EN UN SUELO ULTISOLS, BAJO LA INFLUENCIA DE PLANTACIONES DE ACACIA mangium VS SUELO CON VEGETACIÓN NATURAL.**

Tratamiento Evaluado	Tiempo de Infiltración (minutos)	Lámina Infiltrada acumulada (cm)	Velocidad de Infiltración media (cm/hr)
Suelo sembrado con <u>Acacia mangium</u> y <u>Brachiaria humidicola</u> .	255	23.3	5.48
Suelo bajo pasto nativo y <u>Curatella americana</u> .	255	13.4	3.15

**Cuadro XXII. DATOS DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN PLANTACIONES DE PINUS caribaea. LOCALIDAD DE LA YEGUADA. TIPO DE SUELO ULTISOLS.**

Tiempo (minutos)	Lecturas (cm)	Lecturas Actual- anterior	Lecturas* Acumuladas (cm)	Tiempo Actual-anterior (minutos)	Velocidad Infiltración (cm/minuto)
0	0.5	0	0	0	0
1	1.8	1.3	1.3	1	1.3
2	3.6	1.8	3.1	1	1.8
3	5.2	1.6	4.7	1	1.6
4	8.4	3.2	7.9	1	3.2
5	12.6	4.2	12.1	1	4.2
10	15.1	2.5	14.6	5	0.5
20	19.4	4.3	18.9	10	0.43
30	24.7	5.3	24.2	10	0.53
60	29.5	4.8	29	30	0.16
120	35.3	5.8	34.8	60	0.09

\* Infiltración acumulada

**Cuadro XXIII. DATOS DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN PASTO NATURAL. TESTIGO. LOCALIDAD DE LA YEGUADA. TIPO DE SUELO ULTISOLS.**

Tiempo (minutos)	Lecturas (cm)	Lecturas Actual-anterior	Lecturas* Acumuladas (cm)	Tiempo Actual-anterior (minutos)	Velocidad Infiltración (cm/minuto)
0	0.5	0	0	0	0
1	0.8	0.3	0.3	1	0.3
2	1.5	0.7	1.0	1	0.7
3	2.0	0.5	1.5	1	0.5
4	2.9	0.9	2.4	1	0.9
5	3.7	0.8	3.2	1	0.8
10	4.5	0.8	4.0	5	0,16
20	6.3	1.8	5.8	10	0.18
30	9.7	3.4	9.2	10	0.34
60	12.8	3.1	12.3	30	0.10
120	15.4	2.6	14.9	60	0.04

\* Infiltración acumulada

**Cuadro XXIV. COMPARACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN MEDIA EN UN SUELO ULTISOLS, BAJO LA INFLUENCIA DE PLANTACIONES DE PINUS caribaea VS SUELO CON VEGETACIÓN NATURAL, EN LA YEGUADA.**

Tratamiento Evaluado	Tiempo de infiltración (minutos)	Lámina Infiltrada Acumulada (cm)	Velocidad de Infiltración media (cm/hr)
Suelo sembrado con <u>Pinus caribaea</u> y sotobosque denso	255	34.8	8.18
Suelo con pasto nativo y <u>Curatella americana</u>	255	14.9	3.50

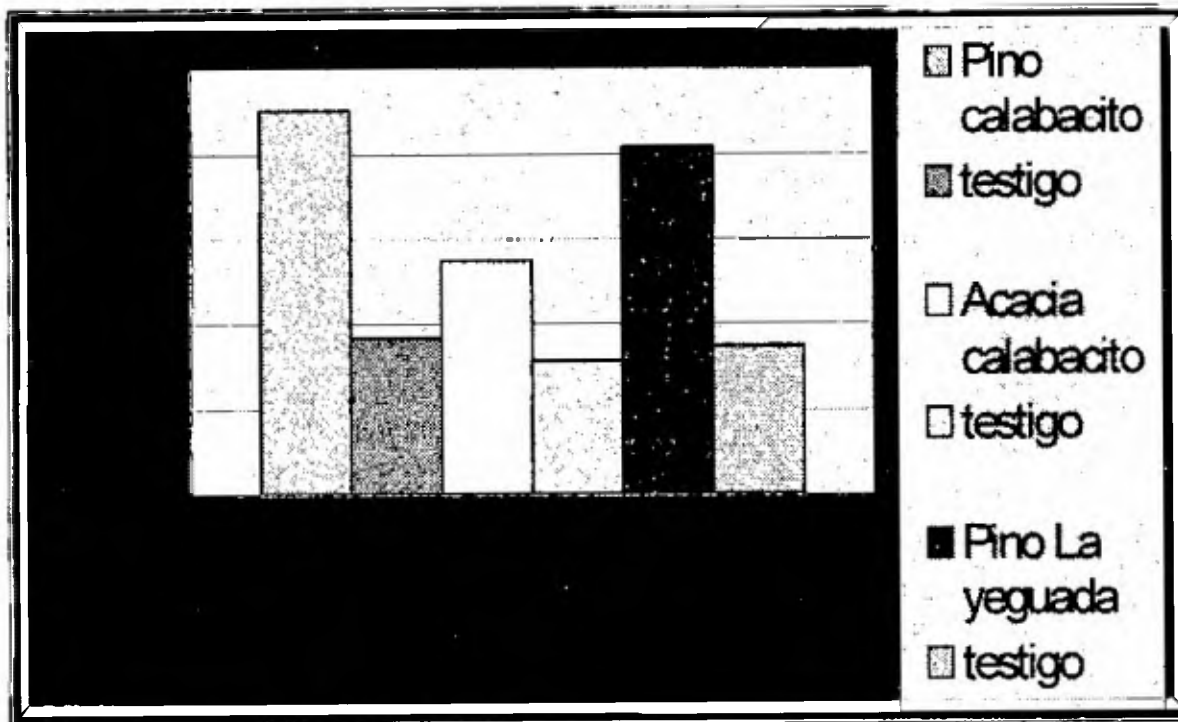


Figura 4. Comparación de la velocidad de infiltración media en plantaciones versus testigo.

#### **4.8 Comparación del análisis foliar en las plantaciones estudiadas y la asociación natural.**

Al comparar los contenidos de minerales foliares en las plantaciones estudiadas, se detectó que el porcentaje de nitrógeno foliar en las plantaciones de Acacia mangium superan en más del 20% a los obtenidos en las plantaciones de Pino, sin embargo los contenidos de Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio fueron similares en todas las plantaciones(Cuadro XXV, pág. 87). Tal situación pudo atribuirse a la habilidad que presenta esta especie forestal de fijar nitrógeno mediante la simbiosis con bacterias del género rizobium, lo cual es característico de las especies leguminosas fijadoras de nitrógeno.

Cuando se estableció la comparación de los contenidos foliares entre las plantaciones forestales versus el testigo (Curatella americana), se observó claramente que el porcentaje de Nitrógeno fue superior en todas las plantaciones, mientras que los aportes de potasio, calcio y magnesio fueron mayores en la asociación natural(Fig. 5, pág. 88).

El establecimiento de los porcentajes de minerales foliares en las plantaciones objeto de estudio es de gran importancia, toda vez que permite tener una idea del aporte que realizan las mismas al suelo mediante el ciclaje de

nutrientes, considerando que todas estas especies aportan una gran cantidad de hojarasca la cual tiende a enriquecer y mejorar la fertilidad de los suelos.

Estudios similares fueron realizados por Awang y Bhumibamon (1993), los cuales planteaban la importancia del ciclaje de nutrimentos en especie forestales, ya que adicionan materia orgánica a través de la hojarasca, encontrando que el contenido medio de N, P, K, Ca y Mg en el follaje de la *Acacia mangium* fue de aproximadamente 2.53, 0.88, 1.45, 0.50 y 0.13% respectivamente, con base en materia seca.

Ortega (1986), plantea que una vez las plantaciones alcanzan a formar el colchón de hojarasca y una capa de humus, entonces los nutrientes entran en un ciclo donde los elementos arrojados por el árbol se mineralizan en el humus y vuelven a ser absorbidos por los árboles de tal manera que la extracción de nutrientes del suelo es mínima.

Name y Villareal (2001), en un estudio sobre los contenidos de minerales foliares en *Acacia mangium* a diferentes edades, encontraron que en la medida en que envejecen las hojas de la leguminosa, se reducen los niveles de nitrógeno.

**Cuadro XXV. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE ALGUNOS NUTRIENTES EN EL ANÁLISIS FOLIAR DE LAS PLANTACIONES ESTUDIADAS Y LA ASOCIACIÓN NATURAL.**

Plantaciones	Contenido en %				
	N	P	K	Ca	Mg
Hojas A. Mangium de 13 años	1.16	0.05	0.20	0.43	0.17
Hojas de Pino de 23 años. Cal	0.23	0.04	0.20	0.45	0.12
Hojas de Pino de 23 años. L Yeguada	0.37	0.04	0.17	0.44	0.11
Hojas de <u>Curatella</u> <u>americana</u> y asociación natural	0.19	0.03	0.40	0.70	0.39

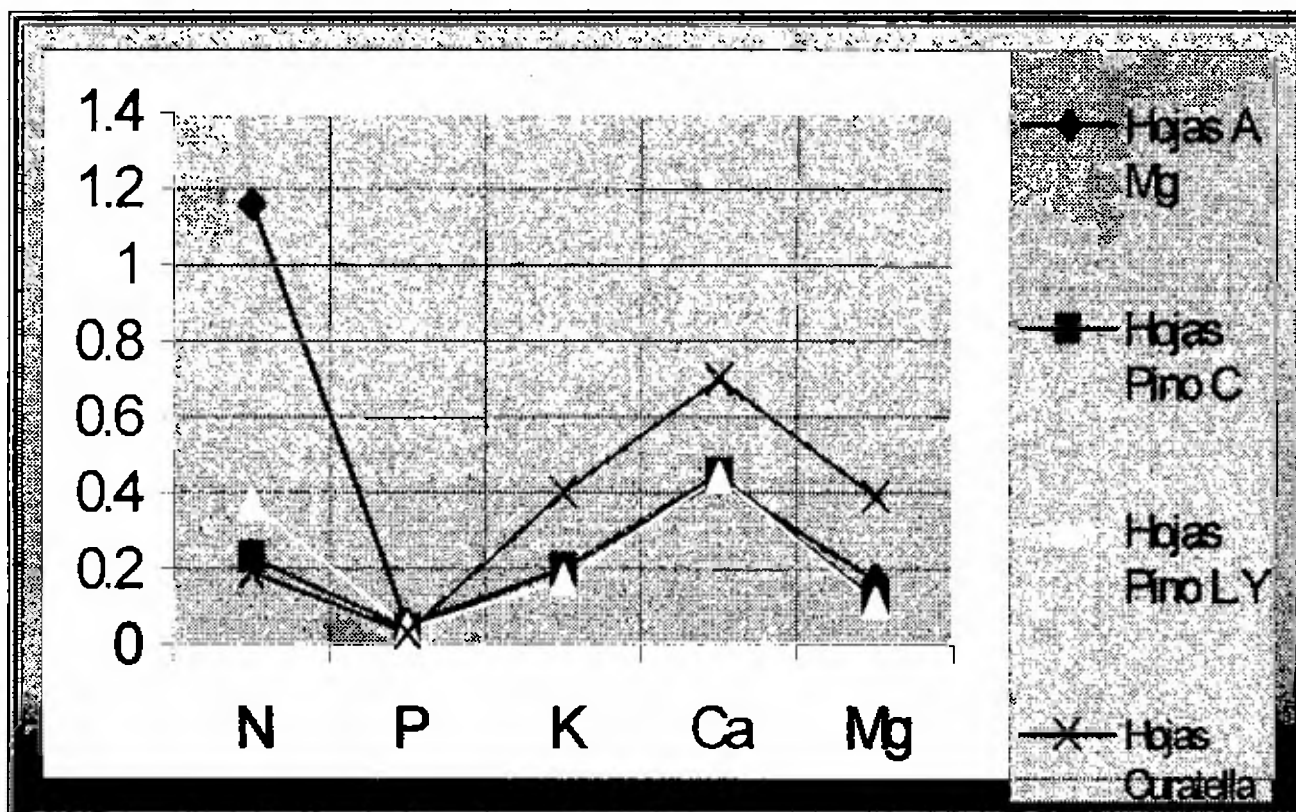


Figura 5. Resultado del análisis foliar de las plantaciones estudiadas y el testigo

## **4.9 Evaluación Económica de las plantaciones.**

### **4.9.1 Valor de la madera y valor de la tierra:**

Los suelos donde están establecidas las plantaciones objeto de estudio presentan una fuerte degradación, con un valor catastral totalmente bajo, estando los mismos en rango que varían de B/ 150 a B/ 250 por hectárea aproximadamente (Dirección Nacional de Catastro, 2001)

El primer estudio que se realizó, consistió en cuantificar el incremento anual de metros cúbicos de madera por hectárea, para ambas plantaciones de Pinus caribaea y Acacia mangium.

Para la realización de este estudio, se procedió a la medición de madera en pie, utilizando el instrumento de mensura forestal conocido como Clinómetro (nivel Abney) y una cinta diamétrica. El nivel Abney es un instrumento que se basa en un principio trigonométrico de medición de ángulos para medir alturas. Se procedió a tomar dos medidas de ángulos, uno que iba desde la altura del diámetro a la altura del pecho(DAP) al ápice(ángulo a) y el otro del DAP a la base (ángulo b), manteniendo siempre la misma distancia de medición

Con estas dos medidas se procedió a calcular la altura de la siguiente manera:

(4) Altura H = tangente de a \* distancia base

(5) Altura h = tangente de b \* distancia base

(6) Altura total = Altura H + altura h

Con la cinta diamétrica se procedió a tomar mediciones del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), para cada árbol medido, siendo tales medidas al azar en el bosque.

Una vez recopilada toda esta información se calculó el volumen de madera en m<sup>3</sup>/ha mediante la siguiente formula:

$$(7) V = DAP * H * ff$$

V = Volumen de madera en m<sup>3</sup>

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho

H = Altura

ff = Factor de forma estándar para plantaciones igual a Uno.

Obtenido el volumen de madera, se cuantificó el incremento anual en dinero por hectárea para ambos cultivos, basado en el tiempo de establecimiento de las plantaciones.

#### **4.9.1.1 Valor de la madera en las plantaciones de la localidad de Calabacito.**

En el área de Calabacito, las plantaciones de Pino y Acacia tienen aproximadamente 23 años y 13 años de plantadas respectivamente.

Con la finalidad de determinar el incremento anual de madera por hectárea y establecer del precio actual de la misma, se procedió a transformar los metros cúbicos de madera en pies cúbicos.

Para las plantaciones de pino se estableció que el volumen de madera de 10 árboles medidos al azar fue de 43.66 metros cúbicos (cuadro XXVI), si se considera que una hectárea tiene 300 árboles, existirán entonces 1309.8 metros cúbicos de madera, que transformada a pies cúbicos tablares por hectárea corresponden a 46249.38.

Considerando que el precio de la madera de pino actualmente en el mercado es de B/ 0.60 el pie cúbico y que las plantaciones de Pino tienen 23 años de plantadas, el incremento en dinero a la fecha ha sido de B/ 27749.63 por hectárea, lo que corresponde a un incremento anual de B/ 2312.47 por hectárea.

**Cuadro XXVI. DATOS DEL MUESTREO REALIZADO EN LAS PLANTACIONES DE PINUS caribaea EN CALABACITO.**

NUMERO DE MUESTRA	DAP (m)	H1 (m)	H2 (m)	DIST (m)	H TOTAL	VOL MAD m <sup>3</sup>
1	0.4265	11.28	0.63	20	11.91	5.08
2	0.4329	11.4	0.94	20	12.34	5.34
3	0.3183	12.25	0.63	20	12.88	4.09
4	0.3023	8.65	0.94	20	9.59	2.89
5	0.3055	9.03	0.07	20	9.10	2.78
6	0.3756	5.81	2.2	20	8.01	3.00
7	0.3947	8.28	1.57	20	9.85	3.88
8	0.4297	13.13	1.25	20	14.38	6.18
9	0.4734	9.41	1.57	20	10.98	5.24
10	0.4562	10.02	1.43	20	11.45	5.18
						43.66

En las plantaciones de Acacia mangium tenemos que el volumen de madera en 10 árboles, según el muestreo al azar es de 12.78 metros cúbicos (cuadro XXVII). Para una hectárea que tiene 300 árboles, se observa que el valor es de 383.4 metros cúbicos por hectárea, que transformado a pies cúbicos tablares por hectárea es de 13537.85



#### 4.9.1.2 Valor de la madera en la plantación de la localidad de La Yeguada

Las plantaciones de Pinus caribaea muestreadas en esta localidad tienen 23 años de plantadas y las mismas presentan un mayor tamaño y desarrollo que las encontradas en la localidad de Calabacito, producto del trabajo silvicultural que se le ha dado a estas plantaciones, principalmente en el control del fuego y los raleos adecuados.

El cuadro XXVIII muestra los datos de la mensura forestal realizados en el sitio donde se realizaron los estudios del suelo. Para la realización de esta mensura se utiliza un instrumento de medición conocido como Sunto, este instrumento nos da las lecturas directas en metros sin necesidad de realizar las transformaciones trigonométricas anteriores, la distancia de medición en esta ocasión fue de 15 metros.

**Cuadro XXVIII. DATOS DE MUESTREO A PLANTACIONES DE PINUS caribaea EN LA YEGUADA.**

Número de muestras	DAP (m)	H total (m)	Distancia (m)	Vol de Mad m <sup>3</sup>
1	0.41	18.0	15	7.38
2	0.27	18.2	15	4.91
3	0.25	18.4	15	4.65
4	0.32	18.1	15	5.79
5	0.36	18.5	15	6.66
6	0.26	18.3	15	4.75
7	0.35	18.0	15	6.30
8	0.29	18.0	15	5.22
9	0.36	18.4	15	6.62

10	0.26	18.3	15	4.75
				57.03

El volumen de madera de los 10 árboles muestreados al azar fue de 57.03 metros cúbicos, al establecer que una hectárea cuenta con 300 árboles, existirá entonces 1710.90 metros cúbicos de madera de pino por hectárea, que al ser transformados a pies cúbicos por hectáreas nos da 60411.87.

Considerando que el precio de la madera de *Pinus Caribaea*, actualmente en el mercado es de B/ 0.60 el pie cubico, tendríamos que para esta plantación de pino que tiene 23 años de plantados, el incremento del valor de la madera es de B/ 36247.12 por hectárea, representando un incremento anual de B/ 3020.59 por hectárea.

Los volúmenes de madera para las plantaciones de pino en ambas localidades están dentro de los rangos mínimos de rendimientos promedios por hectárea para plantaciones manejadas con fines comerciales, los cuales oscilan entre 1000 a 2500 m<sup>3</sup>/ha (CATIE, 1992). Es importante resaltar que las plantaciones objeto de estudio, fueron hechas con fines de protección de cuencas y que las labores de raleo, poda y fertilización han sido limitadas.

En cuanto a las plantaciones de *Acacia mangium*, los volúmenes de madera en metros cúbicos por hectárea, esta dentro del rendimiento promedio

para plantaciones manejadas con fines comerciales, las cuales oscilan entre 200 a 800 m<sup>3</sup>/ha (CATIE, 1992). Los rendimientos mínimos se deben quizás a que estas plantaciones fueron hechas con fines experimentales, en donde el objetivo principal era determinar la adaptación de estas especies a suelo sumamente ácidos en sistema silvopastoril, descuidándose hasta cierto punto el manejo forestal de la misma.

Toda la información obtenida, producto de los muestreos en campo es de gran importancia e indica la viabilidad del uso de estas plantaciones en zonas degradadas, no solo por que tienden a mejorar positivamente las condiciones del suelo, sino que las mismas se convierten en un activo económico importante que se incrementa con el tiempo.

#### **4.10 Biodiversidad.**

Uno de los aspectos que más se ve afectado con el incremento de zonas degradadas por manejo inadecuado de los suelos es la biodiversidad, que incluye pérdida de especies nativas vegetales y animales. Por lo que se decidió verificar que papel juegan las plantaciones sobre la flora y fauna de estas áreas.

Para realizar los muestreos sobre la cantidad de especies de plantas y animales presentes dentro de las plantaciones utilizamos los métodos directos e indirectos de observación. Siguiendo varios transectos, se anotaron las diferentes especies de plantas y animales encontrados, en las dos localidades objeto del estudio.

En la localidad de Calabacito, en las plantaciones de Pinus caribaea se detectó una gran cantidad de especies de aves que son difíciles de encontrar en el resto del área, pero que aquí han encontrado las condiciones de hábitat y alimentación adecuada para vivir. Las especies reportadas fueron producto de observaciones directas reportadas dentro de la plantación de pino.

**Cuadro XXIX. ESPECIES DE AVES ENCONTRADAS, CALABACITO.**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Caracara cabeciamarilla	<u>Milvago chimachima</u>
Tortolita rojiza	<u>Columbina talpacoti rufipennis</u>
Ermitaño verde	<u>Phaethornis guy coruscans</u>
Carpintero coronirrojo	<u>Melanerpes p. Rubricapillus</u>
Hormiguerito alipunteado	<u>Microrhoppias quixensis virgata</u>
Bienteveo grande	<u>Pintagus sulphuratus guatimalen</u>
Sotorrey común	<u>Troglodytes oedon inquietus</u>
Mirlo pardo	<u>Grayi casius</u>
Eufonia piquigruesa	<u>Euphonia laniirostris</u>
Tangara azuleja	<u>Tharaupis episcopus cana</u>
Mosquerito piquinegro	<u>Aphanotriccus audax</u>
Copeton crestipardo	<u>Mylarchus tyrannulus brachyrus</u>

Con respecto a la fauna silvestre las dos especies reportadas fueron producto de observaciones indirectas, descritas anteriormente.

**Cuadro XXX. FAUNA SILVESTRE, CALABACITO:**

Nombre común	Nombre científico
Conejo	<u>Coniculus paca</u>
Venado	<u>Odocoileus virginianus</u>

La vegetación nativa bajo el dosel o sotobosque es abundante en esta plantación, siendo la misma de hasta 4 a 5 metros de altura, se observaron especies leñosas como, Curatella americana, Byrsonima crassifolia, Cassia sp. y otras de la familia Melastomataceas, Anonáceas y Pyperaceas. El estrato herbáceo predominan las gramíneas Hyparrhenia rufa, Andropogon bicornis, Dicranopteris.

En las plantaciones de Acacia mangium, la fauna, al igual que la vegetación nativa bajo el dosel es muy escasa, debiéndose principalmente a que esta área esta en asocio con pasto mejorado, existiendo un movimiento permanente de personas y animales en pastoreo, lo que ha tendido a desplazar las especies de animales silvestres a áreas más seguras como las plantaciones de Pinus Caribaea. Además, los terrenos son limpiados anualmente, eliminando la vegetación nativa para que la misma no compita con el pasto mejorado establecido.

En la localidad de La Yeguada, se encontró una gran cantidad de especies de plantas y animales que han encontrado un ambiente ideal que le sirve como refugio y alimentación.

**Cuadro XXXI. ESPECIES DE AVES ENCONTRADAS, LA YEGUADA.**

Nombre común	Nombre científico
Caracara cabeciamarilla	<u>Milvago chimachima</u>
Tortolita rojiza	<u>Columbina talpacoti rufipennis</u>
Ermitaño verde	<u>Phaethornis guy coruscans</u>
Carpintero coronirrojo	<u>Melanerpes p. Rubricapillus</u>
Hormiguerito alipunteado	<u>Microrhophias quixensis virgata</u>
Bienteveo grande	<u>Pintaqus sulphuratus guatimalen</u>
Sotorrey común	<u>Troglodytes oedon inquietus</u>
Mirlo pardo	<u>Grayi casius</u>
Eufonia piquigruesa	<u>Euphonia laniirostris</u>
Tangara azuleja	<u>Tharaupis episcopus cana</u>
Mosquerito piquinegro	<u>Aphanotriccus audax</u>
Copeton crestipardo	<u>Mylarchus tyrannulus brachyrus</u>
Pava	<u>Crax rubra</u>
Faisán	<u>Ortalis cinereiceps</u>

**Cuadro XXXII. FAUNA SILVESTRE, LA YEGUADA.**

Nombre Común	Nombre Científico
Conejo	<u>Cuniculus paca</u>
Gato solo	<u>Nasua narica</u>
Puerco de Monte	<u>Tayassu pecari</u>
Saíno	<u>Tayassu tajacu</u>
Venado	<u>Odocoileus virginianus</u>

Se aprecia que la vegetación del sotobosque es abundante, bien desarrollado con altura que van de los 3 a 6 metros.

Dentro de las especies Leñosas tenemos: Curatella americana, Byrsonia crassifolia, Cassia sp, Guazuma sp, Inga sp, Vismia sp, Cecropia sp, Luehea sp, Podocarpus sp, Xilopia sp, y otras especies de la familia Melostamatácea, Anonácea, Morácea, Lauráceas y Piperaceas.

En el estrato herbáceo se encuentran especies de Hyparrhenia rufa, Andropogon bicornis, Bulbostylis paradoxa, Dicranopteris sp.

#### 4.11 Hidrología

La Reserva Forestal de La Yeguada fue creada mediante el decreto # 94 del 28 de Septiembre de 1968, y la misma se creó con el objetivo principal de darle protección a las fuentes hidrográficas de la Laguna de la Yeguada, de manera tal que tuviera la capacidad de generar energía eléctrica. En la actualidad existen 2333.5 hectáreas de bosques de pino de las 7,090 hectáreas que componen la totalidad de la reserva.

En esta área, a pesar de contar con suelos muy degradados y de gran pendiente, las plantaciones de Pino se han desarrollado con buenas características y se ha cumplido el objetivo planteado. Además, se le da aprovechamiento económico a la madera producto de los raleos que se realizan.

En el área de Calabacito, las plantaciones de Pinus caribaea también juegan un papel importante en la conservación de la principal fuente de agua que abastece la comunidad, siendo que estas plantaciones son pequeñas comparadas con las de La Yeguada, sin embargo, la misma juegan un papel importante en la conservación de la microcuenca del lugar.

#### **4.12 Belleza Escénica.**

Es difícil cuantificar este parámetro, sin embargo existen diferentes métodos de valoración tales como Valoración Hedonista, Costos de Viajes, Valoración Contingente, Costo de Reemplazo, Costos Evitados y Valor Económico Neto, empleados para realizar las mismas, siendo estos muy complejos y requiriendo de mucha información.

En este trabajo de investigación no se procedió a darle un valor monetario a este parámetro, sin embargo, es necesario mencionar que las plantaciones tienden a jugar un importante papel sobre la belleza escénica del lugar donde las mismas se encuentran, principalmente en estas áreas degradadas donde la vegetación es escasa y el panorama no es atractivo ni para visitantes, ni para los propios moradores del área.

## V. CONCLUSIONES

1- La clasificación taxonómica basada en el Sistema Americano de Clasificación de Suelos, realizada a los suelos existentes, en las tres plantaciones estudiadas, permitió clasificar los mismos dentro de los ordenes Ultisols y Alfisols, para la región de Calabacito y Ultisols para la localidad de La Yeguada, ambos corresponden a suelos ácidos y en los cuales las especies forestales estudiadas de Acacia mangium y Pinus caribaea, se adaptan con gran eficiencia, además de contribuir a la recuperación de los mismos.

2- La actividad biológica en los suelos (población de lombrices), bajo la influencia de las plantaciones forestales estudiadas, fue mayor que en los suelos donde se mantenía vegetación natural, destacándose las plantaciones de pino, que superaron en 37% y 28% a la plantación de acacia.

3- La capacidad de exploración de las raíces de las especies forestales estudiadas resulto ser mayor de 80 cm de profundidad, haciendo que las mismas jueguen un importante papel en el mejoramiento de la fertilidad del suelo debido al reciclaje de nutrientes, mejoran los parámetros de infiltración y estructura del suelo, además de ser una fuente importante de acumulación de carbono atmosférico.

4- Las plantaciones forestales manejadas con fines de protección (La Yeguada), presentan densidades aparentes de suelo inferior a la unidad, lo cual mejora la capacidad de infiltración de agua, porosidad y movimiento de agua en el suelo.

5- La velocidad de infiltración del agua en los suelos bajo la influencia de las plantaciones estudiadas fue mayor que en los suelos que mantenían vegetación natural, indicando de este modo que la escorrentía y la erosión laminar es menor en las plantaciones forestales.

6- El aporte de materia orgánica al suelo por las plantaciones estudiadas es significativo en los primeros 20 cm de profundidad, al compararlo con la vegetación natural del área.

7- Los contenidos de minerales foliares en las plantaciones estudiadas, principalmente de nitrógeno, en acacia, determinado en la hojarasca del suelo, superan significativamente a los encontrados en la vegetación natural de área, lo cuál permite que el ciclaje de nutrientes sea efectivo, por la abundante hojarasca que aportan estas especies forestales.

8- La mensura forestal realizada, permitió comprobar que las especies forestales estudiadas de Acacia mangium y Pinus caribaea, incrementaron el valor catastral de estas tierras, por constituirse las mismas en activos económicos fijos que aumentan su valor con el tiempo.

9- La biodiversidad de flora y fauna observada en las plantaciones estudiadas es más abundante y más diversa que la observada en el resto de las áreas adyacentes, encontrando aquí las especies un sitio de refugio y propagación.

10- Las especies forestales estudiadas son de gran importancia en la protección de las cuencas y microcuencas, en los sitios bajo estudio, además de impactar de manera positiva en la belleza escénica de estos sectores.

## VI. RECOMENDACIONES

1- Realizar estudios de clasificación taxonómica de suelos en áreas con vocación forestal y que en la actualidad están recibiendo un manejo inadecuado, de manera tal que se pueda recomendar la especie forestal que más se adapte a las características químicas y físicas de estos suelos.

2- Ejecutar campañas masivas de divulgación y extensión, sobre todo en el área norte de la provincia de Veraguas, sobre las bondades y beneficios que trae consigo la siembra de especies forestales sobre la recuperación de los suelos, con el aumento del ingreso y bienestar de las familias rurales y la disminución del deterioro ambiental.

3- Recomendar la siembra de Pinus caribaea y Acacia mangium en suelos ácidos, fuertemente degradados, ya que las mismas demostraron adaptarse de forma eficiente en estas áreas.

4- Realizar muestreos foliares de las especies estudiadas, en diferentes edades de establecimiento, de manera que permitan diagnosticar el aporte de nutrientes al suelo y el ciclaje efectivo de los minerales.

5-Establecer estudios de valoración económica en plantaciones ya establecidas, de manera que se pueda contar con datos reales sobre otros beneficios ambientales que puedan generarse.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

AHMAD, N. Y JONES R.L. 1969. A Plinthaquult of the Aripo Savannas, North Trinidad. I. Properties of the soil and chemical composition of the natural vegetation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33:762-765.

ALISON, B.K Y NAIR, P.K.R. 2001. Silvopastoral research in Central America: an outlook for the future. In: Second congress on agroforestry and livestock production in Latin America. San José , Costa Rica, April 2-9. Pp 52-57.

ALLISON, F.E. 1973. Soil organic matter; its role in crop production. Amsterdam. Elsevier. (Developments in Soil Science #3). 637 p.

ANDERSON, J.M. 1987. Plant nutrient-use efficiencies and soil processes in natural and agricultural ecosystems. In: Amelioration of soil by trees: a review of current concepts and practices. R.T Prinsley, M.J Swift (Eds.). London, UK; Commonwealth Science Council. Pp 20-29.

AYARZA, M; RAO, M.I.; THOMAS, R. 1994. Reciclaje de nutrimentos en pastizales tropicales de suelos ácidos. In: Ganadería y recursos naturales en América Central: Estrategias para la sustentabilidad (1991, San José Costa Rica). Memorias. Ed. E:J. Homan. Turrialba, Costa Rica, CATIE. P 163-173.

AWANG, K. Y BHUMINBHAMON, S. 1993. Capitulo 3. Genetics and tree improvement. In: Acacia mangium growing and utilization. Eds K Awang ; D Taylor. Bangkok, Taylandia. 35-57 p.

BABBAR, L.I Y EWEL,J.J. 1989. Descomposición del follaje en diversos ecosistemas sucesionales tropicales. Biotropica. 21(1): 20-29.

BALLARD, R Y Willd, G.M. 1981. Accumulation of organic matter and mineral nutrients under a *Pinus radiata* stand. New Zeland, Journal of For. Sci. 11(2): 145-151 p.

BARRES, H. 1993. Carbon-fixing and timber production in tropical Klinki pine forest plantation, the Klinki Pine project.

BARRET, W Y GOLFARI, L. 1962. Description of two new varieties of *Pinus caribaea*. Caribbean Forester (P.R) 23 (2): 59-71.

BENAVIDES, S.T. 1973. Mineralogical and chemical characteristics of some soils of the Amazonia of Colombia. Ph.D. Thesis. North Carolina State University, Raleigh, 216 p.

BOGNETTEAU, ELSA. 1981. Plan de manejo de las plantaciones de la reserva forestal de Lá Yeguada. PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 117 p.

BOUL, S.W. 1973. Soil genesis, morphology, and classification. In P.A. Sanchez (ed.). A review of soil research on tropical Latin America. North Carolina Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 219, pp 1-37.

BUDOWSKI, G. 1993. Agroforestería: Una disciplina basada en el conocimiento tradicional. Revista Forestal Centroamericana. Mayo- junio. 14-18 p.

BRUIJNZEEL, S. 1999. Hydrology of tropical montane cloud forest: A re-evaluation. Ponencia presentada en el segundo coloquio internacional sobre hidrología y gestión del agua en el trópico húmedo. Panamá, 22-24 Marzo.

BURNS, R.G y MARTIN, J.P 1986. Biodegradation of organic residues in soil. In: Microflora and fauna interactions in natural and agro-ecosystems. Eds. M.J. Mitchell; JP. Naskas. Dordrecht, Netherlands. M. Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. P 317-348.

CATAPAN, 1970. Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá.

CATIE, 1992. Colección de guías silviculturales. Pino caribe, especie de árbol de uso múltiple en América Central Serie Técnica, informe técnico # 175, 59 p.

CATIE, 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Informe Técnico # 86.

COLEMAN, D.C. 1986. The role of microbial and fauna interactions in effecting soil processes. In Microflora and fauna interactions in natural and agroecosystems. Eds. M.J Mitchell; J.P Naskas. Dordrecht, Netherlands. M. Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. P 317-348.

CRUZ, de la R.E Y YANTASATH, K. 1993. Capítulo 6. In: Symbiotic associations. Acacia mangium Growing and Utilization. Eds. K. Awang y D. Taylor. Bangkok, Tailandia. 101-111 pp.

DANIELS, R.B., NETTLETON, W.D., McCracken, R.J., GAMBE, E.E. 1966. Morphology of soil with fragipans in parts of wilson Conty, North Carolina. Soil Sci Soc. Am. Proc. 30:376-380.

DART, P.U.G. Y ALMENDRAS, A. 1991 Role of symbiotic association in nutrition of tropical Acacias. In: Advances in Tropical Acacia Research: International workshop (1991, Bangkok, Thailand). Proceedings. Ed. By J.W Turnbull. ACIAR Proceedings # 35. P 13-19.

DETWILLER, R.; HALL, C. 1988. Tropical forest and the global carbon cycle. Science 239:42-47.

DYSON, W.G. 1995. Fertilización de plantaciones forestales en la reserva forestal La Yeguada, Panamá. Seminario Técnico sobre fertilización forestal. Santiago, Panamá. 51-64 p.

ESTADOS UNIDOS, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1983. Mangium and other fast growing Acacias for the Humid Tropics. Washington, D.C., EE.UU., Academy Press. 62 p.

FASSBENDER, H.W Y BORNEMISA. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina, 2 ed., San José, Costa Rica, IICA 420 pp.

FASSBENDER, H.W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica. IICA. Libros y Materiales Educativos # 24. 398 p.

FISHER, M.; RAO, I.; AYARZA, M.; LESCANO, C.; SANZ, J.; THOMAS, R.; VERA, R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature (London)* 371 (6494): 236-238.

FRAILE, M,J. 1989. Poblaciones de lombrices de tierras(Oligochaeta:annelidae) en pasturas de *Cynodon plectostachyus* (pasto-estrella), asociada con árboles de *Erythrina poeppigianna* (poró), una pastura asociada con árboles de *Cordia alliodora*(Laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Costa rica. 236 p.

HOLDRIDGE, L. 1961. Report on the Yeguada watershed. Panamá. 10 p.

JIMENEZ, M. Y PICADO, V.W. 1987. Algunas experiencias con *Acacia mangium* en Costa Rica. *Silvoenergía (C.R)* # 22:1-4.

KAIMOWITZ, D. 2001. Cuatro media verdades: La relación bosque y agua en Centro América. *Revista Forestal Centroamericana* # 33, Enero-Marzo.

KONONOVA, M.M 1967. Soil organic matter; its nature, its role in soil formation and in soil fertility. 2ª. Ed. Oxford. Pergamon Press. 544 p.

LAMB, A.F.A. 1973. Fast growing trees of the lowland tropics; *Pinus caribaea*. Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Papers # 6. 254 p.

LOPEZ, A.; SCHONVOIGT ANDREA.; IBRAHIM, M. KLEINN, C.; Kannien, M. 1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo en un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*. Vol 6 # 23. 51-53 p.

LUGO, A.E Y BROWN, S. 1993. Management of tropical soils as sinks or source of atmospheric carbon. *Plant and Soil* 149:27-41.

MACDICKEN, K.G. Y VERGARA, N.T. 1990. Agroforestry: Clasification and managment. Toronto Canadá., WILEY. 382 p.

MINAMI, K.; GOUDRIAAN, J.; LANTINGA, E.; KIMURA, T.; BAKER, M. 1993. Significance of grasslands in emission and absorpton of greenhouse gases. Grasslands for our world. (New Zeland) 444-450:60.

MONTENEGRO, J.; ABARCA, S. 2001. Balance of emissions with greenhouse effect in silvopastoral systems in three life zones of Costa Rica. In: Second congress on agroforestry and livestock production in Latin America, 2-9 April, San Jose, Costa Rica. Pp 107-111.

MUSALEM, S.M.A. 1973. Estudio del comportamiento de Pinus caribaea Morelet en el trópico húmedo, Costa rica. Tesis Mag. Sc, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 108 p.

NAIR, P.K.R. 1989. Agroforestry system in the tropics. Dordrecht, Holanda. KLUWER-ICRAF. 130p.

NAME, B Y BATISTA, D. 1979. Encalado en suelos ácidos de Panamá con alto contenido de Aluminio intercambiable. Finca experimental de Calabacito Panamá. Ciencia Agropecuaria, 2:1-13.

NAME, B.; VILLARREAL, J. 2001. Soil dynamics in Acacia mangium plots associated to Bracharia humidicola in an ULTISOL of Panama. In: Second congress on agroforestry and livestock production in Latin America, 2-9 April, San Jose, Costa Rica. Pp 217-222.

NICHOLAS, I.D. 1988. Planting in tropical and subtropical areas. Agriculture, Ecosystems and Environment. 22/23: 465-468.

NYE, PH. Y GREELAND, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. England. Commonwealth Bureau of Soil. Tech. Comm. # 51. 156 p.

OLIVA, H.E. 1990. Comportamiento en plantaciones de Mangium (*Acacia mangium* Will.) y Aripín (*Caesalpineia velutina* (ByR) Standl.) en América Central. Tesis Mag Sc, turrialba, Costa Rica. , CATIE. 117p.

ORTEGA, B. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE. 110 p.

ORTIZ, E. Y CAMACHO, P. 1986. Aplicaciones de los estudios de forma del tronco en dos especies forestales. In: Congreso Forestal Nacional (1986, San José, C.R), 120-129 p.

PALM, C.A Y SANCHEZ, P.A 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica*. 22(4): 330-338.

PINYOPUSARERK, K.; LIANG, S.B Y GUNN. B.V. 1993. Taxonomy, distribution, biology, and use as an exotic. In: *Acacia mangium* growing and utilization. Eds. Awang, K y Taylor, D. Winrock International and the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok, Thailand. 280.

PLATTEBORZE, A. 1970. A soil and vegetation study under a *Pinus caribaea* plantation in West Malasya. *Malayan Forester (Malaysia)* 33(3): 243-255.

PRITCHETT, W.L. 1979. Properties and management of forest soils Wiley & Sons. 500 p.

ROBY, A.J. 1985. The relationship between soil and growth of five different sites in Jamaica and their relationship to rainfall. Mag.Sc Thesis. Oxford, G.B., Oxford University. 86 p.

RUZ-JEREZ, B.E.; BALL, R.P Y TILLMAN, R.W. 1992. Laboratory assessment of nutrient release from a pasture soil receiving grass or clover residues, in the presence or absence of *lumbricus rubellus* or *eisenia fetida*. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12): 1529-1534.

SANCHEZ, P. A. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. 634 p.

SANCHEZ, P.A.; BOUL, S.W. 1974. Properties of some soils of the Amazon Basin of Peru. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38: 117-121.

SANCHEZ, R. Y NAME, B. 1993. Opciones tecnológicas para suelos Ultisoles. Primer seminario de extensión Forestal y Agroforestal. Panamá. 27-37 p.

SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil classification, a comprehensive system, 7<sup>th</sup> approximation. U.S. Dept. Agr. U. S. Govt. Printing office, Washington.

SRIVASTAVA, P. B. L. 1993. In: Capítulo 7. Silvicultural practices. Acacia mangium growing and utilization. Eds K. Awang y D. Taylor. Bangkok, Tailandia. 113-128 p.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. Y ANDERSON, J.M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems, California University Press, 372 p.

SYERS, J.K Y SPRINFETT, J.A. 1984. Earthworms and soil fertility. Plant and soil. 76: 93-104.

TEUBEN, A Y VERHOEF, H.A. 1992. Relevance of micro and mesocosm experiments for studying soil ecosystem processes. Soil Biology and Biochemistry. 24 (11): 1179- 1183.

UDARBE, M.P. Y HEPBURN, A.J. 1987. Development of Acacia mangium as a plantation species in Sabah. In: Australian Acacias in Developing Countries: international workshop (1986, Gympie, Qlf., Australia). Proceedings. Ed. By J.W. Turnbull. ACIAR Proceedings # 16 p 157-159.

VAN WAMBEKE, A. 1967. Recent developments in the classification of soil of the tropics. Soil Sci. 104: 309-313.

VASQUEZ, C. W. 1987. Desarrollo de índice de sitio y selección de modelo preliminar de rendimiento para Pinus caribaea var hondurensis en la Reserva Forestal de La Yeguada. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE/VCR. 113 p.

VELASCO, J.; RIVAS, G.; IBRAHIM, M. 1998. Hongos endomicorrizicos asociados a un sistema silvopastoril. In memorias del II Simposio Nacional de la Simbiosis Micorriza, 4 al 6 Noviembre, 1998. Colima México. 2p.

VELDKAMP, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. In: Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. Thesis Ph. D. Wageningen University, Netherlands.

VINCENT, L.W. 1978. Site classification for young caribbean pine (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) in grassland Venezuela. Ph.D Thesis. Knoxville, EE:UU., University of Tennessee. 149 p.

WIERSUM, K.F Y RAMLAN, A. 1982. Cultivation of *Acacia auriculiformis* on Java, Indonesia. *Common. Forest Rev.* 61: 135-144.

WILLIAMS, C.N. Y JOSEPH, K.T. 1973. *Climate, soil and crop production in the tropics* revised edition. Kuala Lumpur. Oxford University Press. 137-150 p.

WOLFFSOHN, A. 1983. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: estudios sobre su manejo en sitios nativos. ESNACIFOR (Hond). Serie Miscelánea #3. 66 p.

WOLF, J.M. 1975. Soil-Water relations in oxisols of Puerto Rico and Brazil. North Carolina State University, 145-153 p.

## **ANEXOS**

**Cuadro XXXIII. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO TESTIGO SIN INFLUENCIA DE *ACACIA mangium*, CALABACITO**

HORIZONTES	PROFUNDIDAD cm	GRANULOMETRIA (%)			DENSIDAD APARENTE	TEXTURA
		ARENA	LIMO	ARCILLA		
H1	0-7	74	22	4	-	FA
H2	7-35	76	16	8	-	FA
H3	35-45	26	62	12	-	FL

Horizontes	PH	Bases cambiables			Suma bases	Acidez	Al Extraible	C.I.C		Saturación de Bases		M.C
		Ca	Mg	K				Suma cationes	NH <sub>4</sub> OAc	Suma	NH <sub>4</sub> OAc	
		C Mol(+) Kg <sup>-1</sup>								%		
H1	4.2	1.20	0.04	0.08	1.32	4.8	Tr	6.12	36.40	21	2	3.35
H2	4.7	0.80	0.05	0.03	0.88	5.2	0.5	6.08	52.0	5	1	1.47
H3	5.2	2.40	0.04	0.05	2.49	5.3	0.5	7.79	68.4	31	3	1.21

**Cuadro XXXIV. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO TESTIGO SIN INFLUENCIA DE PINUS caribaea, CALABACITO**

HORIZONTES	PROFUNDIDAD cm	GRANULOMETRIA (%)			DENSIDAD APARENTE	TEXTURA
		ARENA	LIMO	ARCILLA		
H1	0-4	60	32	8	-	FA
H2	4-16	56	40	4	-	FA
H3	16-27	66	30	4	-	FA
H4	27-49	32	66	2	-	FL
H5	49-61	38	62	0	-	FL
H6	61-104	42	56	2	-	FL
H7	104-127	28	70	2	-	FL
H8	127-144	44	54	2	-	FL

PH	Bases cambiables			Suma bases	Acidez	Al Extraíble	C.I.C		Saturación de Bases		MATERIA ORGÁNICA
	Ca	Mg	K				Suma cationes	NH <sub>4</sub> OAc	Suma	NH <sub>4</sub> OAc	
	C Mol(+) Kg <sup>-1</sup>								%		
5.0	6.20	2.33	1.14	9.67	0.1	-	9.77	48.8	98	20	8.04
5.0	3.70	1.33	0.78	5.81	0.2	-	6.01	44.4	96	13	2.28
5.0	1.60	0.50	0.48	2.58	1.0	-	3.58	54.0	72	4	1.21
5.0	1.20	0.33	0.50	2.03	0.8	-	2.83	63.6	71	3	1.34
4.9	1.10	0.33	0.40	1.83	0.1	-	1.93	60.0	94	3	2.28
4.8	1.80	0.33	0.48	2.61	3.0	Tr	5.61	62.0	46	4	0.67
4.6	3.50	0.33	0.36	4.19	3.2	Tr	7.39	66.0	56	6	0.40
4.5	2.70	0.50	0.36	3.56	4.0	Tr	7.56	54.4	47	6	0.40

**Cuadro XXXV. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUÍMICAS DEL SUELO TESTIGO SIN INFLUENCIA DE PINUS caribaea, LA YEGUADA.**

HORIZONTES	PROFUNDIDAD cm	GRANULOMETRIA (%)			DENSIDAD APARENTE	TEXTURA
		ARENA	LIMO	ARCILLA		
H1	0-8	10	30	60	-	ARC
H2	8-40	18	42	40	-	ARC
H3	40-90	17	48	35	-	FARC
H4	90-110	35	24	41	-	ARC





Figura 6. Características físicas del perfil # 1, correspondiente a Calabacito. Tipo de suelo Ultisol.



**Figura 7 y 8. Características físicas del perfil #2, correspondiente a Calabacito.**

**Tipo de suelo Alfisols**

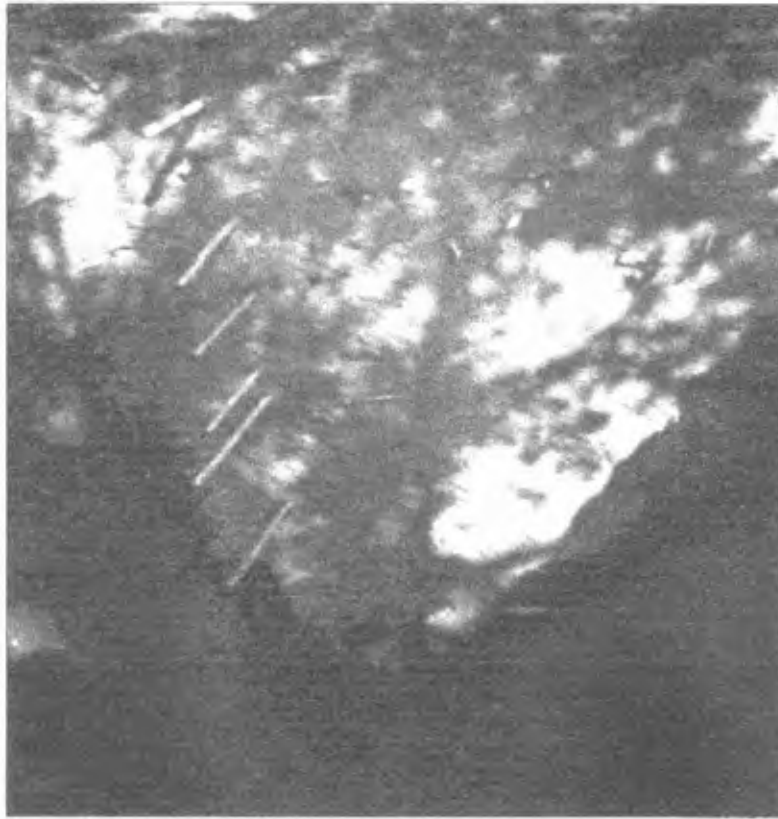


Figura 9. Características físicas del perfil # 3, correspondiente a La Yeguada.

Tipo de suelo Ultisols.

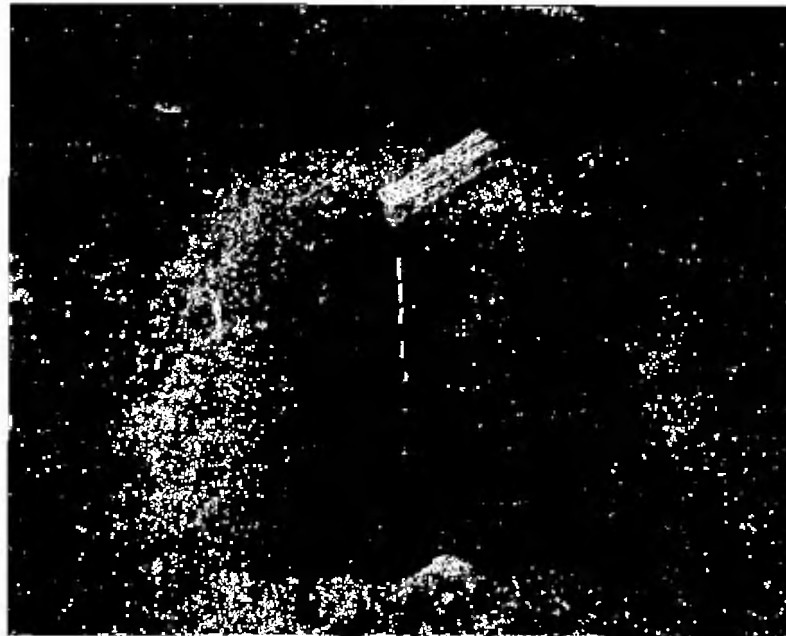
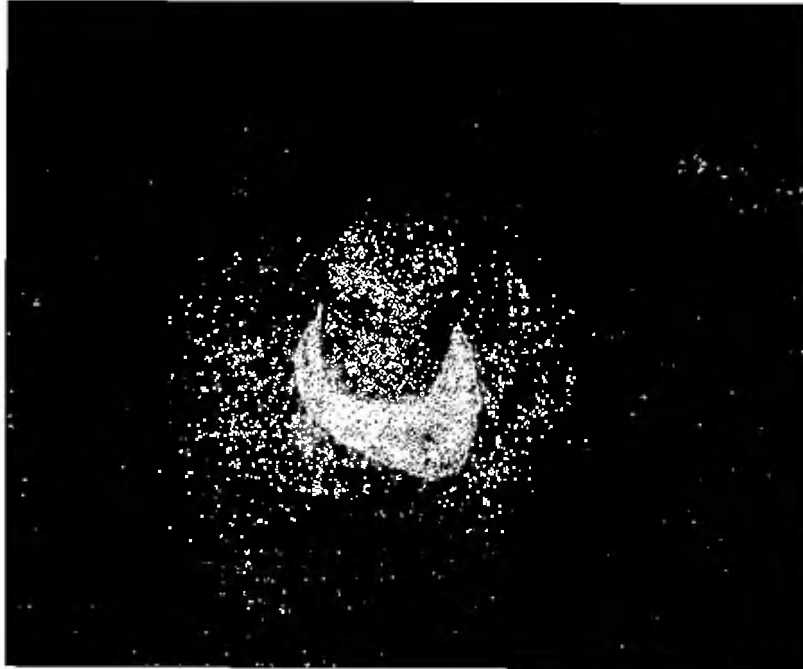


Figura 10. Cilindro con volumen conocido para determinar la densidad aparente.



**Figura 11. Determinación del color del suelo, mediante la utilización de la tabla de Munsen.**



Figura 12. PLANTACIÓN DE PINUS caribaea. LOCALIDAD DE CALABACITO.



Figura 13. PLANTACIÓN DE ACACIA mangium. LOCALIDAD DE CALABACITO



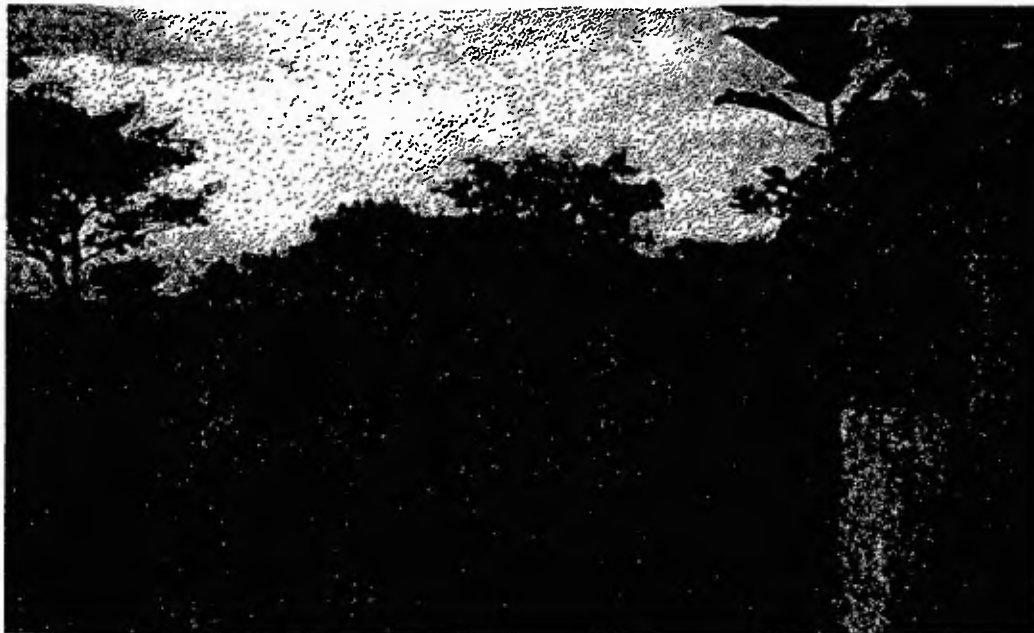
**Figura 16.** PLANTACIONES DE PINUS caribaea, ABUNDANTE BIODIVERSIDAD, SUELOS EN PROCESO DE RECUPERACIÓN Y EXCELENTE BELLEZA ESCÉNICA



**Figura 17.** PLANTACIÓN DE ACACIA mangium, EN ASOCIO CON BRACHIARIA humidicola.



**Figura 14. PLANTACIÓN DE PINUS CARIBAEA. LOCALIDAD DE LA YEGUADA**



**Figura 15 ÁREAS CERCANAS A LAS PLANTACIONES ESTUDIADAS, SUELOS DEGRADADOS, BAJA BIODIVERSIDAD Y POBRE BELLEZA ESCENICA**

## ABREVIATURAS

Ao Horizonte orgánico superficial.

Ap Horizonte superficial disturbado por la acción mecánica, pasturas o usos similares.

A Horizonte mineral formado en la superficie, debajo del horizonte Ao, con materia orgánica íntimamente humificada.

Bt Horizonte formado debajo del horizonte A, constituido principalmente por silicato de arcilla aluvial.

Bv Horizonte con presencia de plintita, rico en hierro y pobre en humus.

Bg Horizonte que indica gleysación o el proceso de reducción del hierro por saturación del agua.

Bw Horizonte donde se aprecia un desarrollo de color o estructura, no es usado para indicar transición entre los horizontes.

DAP Diámetro a la altura del pecho.