

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**EFFECTO DE LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DE REMOCIÓN DEL  
SUELO E INCORPORACIÓN DE BIOMASA VEGETAL EN EL  
CRECIMIENTO DE GUABA (*Inga edulis Mart.*) EN SUELOS DEGRADADOS  
(EX COCALES) DE SUPTTE SAN JORGE, TINGO MARÍA**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCION FORESTALES**

**VELA RODRIGUEZ, JOSE LUIS MARTÍN**

**PROMOCIÓN 2009 - II**

**Tingo María - Peru**

**2011**



F08

V38

Vela Rodríguez, José Luis M.

Efecto de las Diferentes Profundidades de Remoción del Suelo e Incorporación de Biomasa Vegetal en el Crecimiento de Guaba (*Inga edulis* Mart.) en Suelos Degradados (ex Cocales) de Supte San Jorge, Tingo María. Tingo María, 2010

60 h.; 27 cuadros; 8 fgrs.; 19 ref.; 30 cm.

Tesis ( Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales ) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

**1. INGA EDULIS MART. 2. DEGRADACION - SUELO 3. BIOMASA VEGETAL  
4. REMOCION - SUELO 5. CRECIMIENTO - DESARROLLO 6. PERU.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 17 de Diciembre de 2010, a horas 11:00 a.m. en el Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### “EFECTO DE LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DE REMOCIÓN DEL SUELO E INCORPORACIÓN DE BIOMASA VEGETAL EN EL CRECIMIENTO DE GUABA *Inga edulis* Mart. EN SUELOS DEGRADADOS (EX COCALES) DE SUPTE SAN JORGE, TINGO MARÍA”

Presentado por el **Bachiller: JOSÉ LUIS MARTÍN, VELA RODRIGUEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"BUENO"**.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.


Tingo María, 20 de Diciembre de 2010

  
.....  
Ing. MSc. JOSÉ LEVANO CRISOSTOMO  
Presidente

  
.....  
Ing. JAIME TORRES GARCIA  
Vocal



  
.....  
Ing. RAUL ARAUJO TORRES  
Vocal

  
.....  
Blgo. ARMANDO M. ENEQUE PUICON  
Asesor

## DEDICATORIA

A DIOS el Todopoderoso, a mi papá Manuel Vela Freitas, a mi mamá Julia Rodríguez Vela quienes fueron propulsores de mis metas e ideales, a mis hermanos Manuel y Brady, por su incesante apoyo y comprensión; quienes hicieron posible lograr mi profesión, a ellos con el amor y cariño de siempre mi eterno agradecimiento.

A mi abuelito Euclides Rodríguez Ríos, y mis tíos Rosario y henny, y a todos mis amigos que forman parte de mi familia con gratitud y respeto.

En memoria de mi querida Abuelita Julia Rosa Vela de Rodríguez.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado en la culminación del presente trabajo, entre ellos.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por la oportunidad de brindarme para lograr mi formación profesional.

A mi patrocinador Bglo. Armando Eneque Puicon, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

A mi Co-patrocinador Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo, por su apoyo incondicional en la realización del trabajo.

A los miembros integrantes del Jurado de Tesis: Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, Ing. Raúl Araujo Torres y al Ing. Jaime Torres García.

A mis amigos, José Luis, Isai, Elver Balbín, Perdomo, Khaterine Reátegui, Juan Carlos, entre otros con quienes compartí los mejores momentos en las aulas y así mismo me brindaron su apoyo físico y moral.

A todas las personas que apoyaron directa e indirectamente e hicieron posible la ejecución de la tesis.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Características generales de ( <i>Inga edulis Mart</i> ).....	4
2.1.1. Clasificación taxonómica.....	4
2.1.2. Descripción botánica.....	4
2.1.3. Distribución geográfica.....	5
2.1.4. Importancia económica.....	6
2.1.5. Investigaciones realizadas.....	7
2.2. Las raíces y su crecimiento.....	9
2.3. Nutrición vegetal.....	10
2.3.1. Nitrógeno.....	11
2.3.2. Fósforo.....	11
2.3.3. Potasio.....	12
2.4. Características del suelo.....	14
2.4.1. Textura del suelo.....	15
2.4.2. Estructura y porosidad del suelo.....	15
2.5. Degradación de suelos.....	16
2.5.1. Niveles críticos de nutrientes en el suelo.....	17
2.5.2. Pérdida de elementos nutrientes.....	18
2.5.3. Modificación de las propiedades físico-químicas.....	18
2.5.4. Deterioro del estado estructural del suelo.....	18
2.5.5. Disminución de la capacidad de retención de agua en el perfil.....	19

2.6. Origen de la acidez del suelo.....	19
2.6.1. Formas de acidez.....	20
2.6.2. pH del suelo .....	21
2.7. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	22
2.8. Efectos tóxicos del aluminio en las plantas.....	22
2.9. Área foliar en especies forestales.....	24
2.10. Biomasa.....	25
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
3.1. Lugar de ejecución .....	27
3.2. Características del suelo de la zona experimental.....	28
3.3. Materiales y equipos.....	28
3.3.1. Material biológico.....	28
3.3.2. Materiales de laboratorio .....	28
3.3.3. Equipos .....	28
3.4. Metodología.....	28
3.4.1. Elección y limpieza del terreno.....	28
3.4.2. Demarcación del terreno .....	29
3.4.3. Siembra y labores culturales .....	29
3.4.4. Evaluación de diámetro y altura .....	30
3.4.5. Determinación del área foliar.....	30
3.4.6. Determinación de biomasa y volumen radicular.....	31
3.5. Diseño experimental .....	32
3.6. Análisis estadístico .....	32
3.6.1. Modelo aditivo lineal .....	33
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>

4.1. Determinación del efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal en el crecimiento de diámetro y altura de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	34
4.1.1. Influencia en el diámetro de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	34
4.1.2. Influencia en la altura de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	38
4.2. Determinación del efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal en el desarrollo del área foliar de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	43
4.3. Determinación del efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal, en la biomasa y el volumen radicular de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	46
4.3.1. Influencia en la biomasa de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	46
4.3.2. Influencia en el volumen radicular de guaba ( <i>Inga edulis Mart.</i> )	49
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	55
VII. ABSTRACT	56
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
IX. ANEXO	60



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Funciones principales de nutrientes .....	13
2. Niveles críticos de nutrientes en el suelo.....	17
3. Clasificación de la acidez del suelo en función del pH. ....	21
4. Ubicación geográfica de Tingo María.....	27
5. Tratamientos realizados.....	30
6. Análisis de varianza (ANVA).....	33
7. Incremento promedio del diámetro (cm) por tratamientos.....	34
8. Análisis de varianza del diámetro de ( <i>Inga edulis Mart</i> ).....	36
9. Prueba de Duncan para tratamientos sobre el crecimiento en diámetro.....	37
10. Crecimiento promedio de altura (cm) por tratamientos.....	38
11. Análisis de varianza de altura de ( <i>Inga edulis Mart</i> ).....	41
12. Prueba de Duncan para sobre el crecimiento en altura.....	42
13. Desarrollo promedio de área foliar por tratamientos.....	43
14. Análisis de varianza de área foliar de ( <i>Inga edulis Mart</i> ).....	45
15. Desarrollo promedio de biomasa por tratamientos.....	46
16. Análisis de varianza de biomasa de ( <i>Inga edulis Mart</i> ).....	48
17. Desarrollo promedio de volumen radicular por tratamientos.....	49

18.	Análisis de varianza de volumen radicular de ( <i>Inga edulis Mart</i> ).....	51
19.	Datos generales de las evaluaciones de diámetro y altura.....	59
20.	Datos promedio de la primera evaluación del diámetro.....	63
21.	Datos promedio de la segunda evaluación del diámetro. ....	64
22.	Datos promedio de la tercera evaluación del diámetro.....	64
23.	Datos promedio de la primera evaluación de altura.....	64
24.	Datos promedio de la segunda evaluación de altura.....	65
25.	Datos promedio de la tercera evaluación de altura.....	65
26.	Datos generales de peso fresco y seco de plantas sacrificadas.....	66
27.	Análisis de suelo del área experimental .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño experimental de instalación en campo .....	32
2. Incremento promedio del diámetro por tratamientos. ....	35
3. Prueba de Duncan para tratamientos. ....	37
4. Crecimiento promedio de altura por tratamientos. ....	39
5. Prueba de Duncan para tratamientos. ....	42
6. Desarrollo promedio de área foliar por tratamientos. ....	44
7. Desarrollo promedio de biomasa por tratamientos. ....	47
8. Desarrollo promedio de volumen radicular por tratamientos. ....	50

## RESUMEN

El presente trabajo fue ejecutado en suelos degradados (ex cicales) de Supte de San Jorge, ubicado a 15 km de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, con la finalidad de evaluar el efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal en el crecimiento de guaba (*Inga edulis Mart.*), en suelos degradados.

Se realizó la elección, limpieza de terreno, demarcación del terreno, siembra y labores culturales, evaluación de diámetro y altura de guaba (*Inga edulis Mart*), determinación del área foliar, determinación de la biomasa y volumen radicular, la cual para el análisis estadístico se utilizó el diseño de bloques completamente al azar.

Se determinó que el mayor desarrollo en diámetro se obtuvo con los tratamientos T3 (hoyos con remoción de suelos de 30 cm de profundidad e incorporación de biomasa vegetal) y T2 (hoyos con remoción de suelos de 20 cm de profundidad e incorporación de biomasa vegetal), alcanzando en la evaluación final 0.474 cm y 0.430 cm respectivamente, el mayor incremento en altura se consiguió con los tratamientos T2 y T3, (18.98 cm y 18.77 cm respectivamente), se desarrolló mayor área foliar con los tratamientos T3 y T2,

con 558.638 cm<sup>2</sup> y 465.971 cm<sup>2</sup> respectivamente, el mayor incremento de biomasa se consiguió con los tratamientos T3 y T2, con 11.184 y 10.161 gr/planta respectivamente, el mayor desarrollo del volumen radicular se dio en los tratamientos T3 y T2, alcanzando 9.127 cm<sup>3</sup> y 8.556 cm<sup>3</sup> respectivamente.

## I. INTRODUCCIÓN

Los suelos de la Selva Alta se encuentran en proceso de degradación, favorecida por las excesivas precipitaciones y topografías accidentadas. Entre las diversas causas que favorecen este proceso podemos mencionar, la tala y quema de bosques, agricultura migratoria, ganadería extensiva, práctica del monocultivo de coca (*Erythroxylum coca Lam.*); impulsada desde hace varias décadas. Estos suelos degradados requieren de muchos años para regenerarse y recuperar sus características físicas, químicas y biológicas en forma natural, proceso que requiere como mínimo 10 años para iniciar un nuevo ciclo agrícola (VARGAS y VALDIVIA, 2005). Mientras transcurre este tiempo, el agricultor continúa desboscando nuevas áreas, incrementando así el deterioro ecológico y favoreciendo los efectos generados por el cambio climático.

Por otro lado, información acerca de la influencia de la incorporación de materia orgánica vegetal a diferentes profundidades, en el crecimiento y desarrollo de especies forestales en suelos degradados es escasa. El desarrollo de la planta depende directamente del desarrollo radicular. Los suelos degradados, como es en este caso, son arcillosos y bastante compactos, lo que ocasiona escasez de oxígeno; por lo que, esta

incorporación de biomasa vegetal y remoción del suelo, permite generarle condiciones para la formación de una mejor arquitectura radicular; ya que una mayor presencia de oxígeno en el suelo, permite que la raíz, pueda absorber con mayor facilidad agua y nutrientes, además, al irse descomponiendo lentamente el material vegetal, esta aportará nutrientes para la planta. Y en base a la investigación se planteó la hipótesis para determinar el efecto en las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal como influye en el crecimiento de la guaba (*Inga edulis Mart*) en suelos degradados (ex cicales) de Supte San Jorge, Tingo María. Razón por la cual se planteó realizar el presente trabajo de investigación, con la finalidad de conocer el desarrollo inicial de guaba (*Inga edulis Mart*) en suelos degradados que han perdido la cobertura vegetal; mejorando así gradualmente sus características, para el posterior establecimiento de diversas especies de interés, para recuperar estos suelos, planteándose los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal, en el crecimiento de diámetro y altura de guaba (*Inga edulis Mart*), en suelos degradados (ex cicales).
  
- Determinar el efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal, en el desarrollo del área foliar de guaba (*Inga edulis Mart*).

- Determinar el efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal, en la biomasa y el volumen radicular de guaba (*Inga edulis Mart*).



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Características generales de *Inga edulis* Mart.

#### 2.1.1. Clasificación taxonómica

Según Cronquist (1981) citado por JONES (1988), clasifica dicha especie de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledoneae
Sub clase	: Archychlañideae
Orden	: Rosales
Familia	: Mimosaceae
Género	: <i>Inga</i>
Especie	: <i>Inga edulis</i> Mart.
Nombre común	: guaba, paca, shimbillo

#### 2.1.2. Descripción botánica

NOVOA (1992) señala que *Inga edulis* Mart, es un árbol de copa densa, ancha, aparasolada con ramificación simpodial desde el segundo tercio. El fuste es recto y cilíndrico, la corteza color marrón claro lenticelada, con

lenticelas de 2 a 3 mm. de largo dispuestas en hileras y aglomeradas en la base del fuste.

Las hojas son compuestas paripinnadas, de 15 a 25 cm. de longitud; raquis alado con glándulas en forma de cráter entre los folíolos; con 4 a 6 pares de folíolos opuestos, oblongolanceolados, ápice agudo, base obtusa, haz glabro color verde oscuro, con envés pubescente y amarillento. La inflorescencia en racimos terminales de 7 a 12 cm. de largo, con flores blancas hermafroditas, de 3.5 a 4 cm. de largo, cáliz y corola tubulares con 4 a 5 lóbulos; estambres numerosos con filamentos filiformes de 3 a 4 cm. de largo; ovario súpero. Los frutos son legumbres de 40 a 190 cm. de largo, color café verduscas, profundamente estriadas, carnosas, que contienen numerosas semillas negras en su interior, rodeadas por un arilo blanquecino, algodonoso y comestible (NOVOA, 1992).

### **2.1.3. Distribución geográfica**

CATIE (1992) menciona que *Inga edulis* es originaria de América del Sur y se distribuye desde Brasil y Ecuador hasta Honduras. Puede encontrarse desde el nivel del mar en la costa atlántica hasta los 900 – 1000 msnm en San Ramón y Palmares. Responde bien al desrame o poda, pues abre mucho la copa, siempre que no crezca en altura. Según FAO (1983) esta especie forestal es nativa de América, se desarrolla bien en bosques tropicales no inundados y con buen drenaje, aun cuando resiste las inundaciones periódicas. Se encuentra distribuida en la Amazonia, las Guyanas y el Orinoco llegando hasta el subtrópico del continente americano, pero cultivándose en

toda la selva hasta los 2000 m.s.n.m. NOVOA (1992) señala que la distribución geográfica del género *Inga* está restringida a los trópicos y sub trópicos americanos con cierta penetración dentro de las áreas tanto del norte y sur. Aun cuando la mayoría de las especies tienen un rango continuo de distribución, estas han sido muy intensas en la región Orinoco Amazónico, y es allí donde se concentran gran cantidad de especies. En el Perú el género está ampliamente distribuido en toda la amazonia, generalmente a menos de 2500 m.s.n.m.

#### **2.1.4. Importancia económica**

León citado por CHUQUIPOMA (1990), señala que los agricultores pre-colombinos fueron los primeros que utilizaron los árboles como sombra para el cacao. Al principio, los árboles leguminosos sólo fueron valorados por una buena sombra que suministraban, pero como producto de muchos años de observaciones, posteriormente se dieron cuenta que incrementaba los rendimientos de cacao. En las plantaciones de café la presencia de arboles del genero *Inga*, permite alargar la vida de la planta, manteniendo un buen nivel de fertilidad del suelo y disminuyendo la erosión. Así mismo, CATIE (1992), manifiesta que su uso como sombra en el cultivo del café se extendió desde el siglo pasado. De las diferentes especies reportadas, *Inga edulis* es la de mayor uso como árbol de sombra en Costa Rica. La utilización de *Inga* como frutales nativos es muy antigua y probablemente comenzó en los diferentes lugares donde consumen los frutos, como la cuenca Amazónica al sur de Brasil; alto Amazonas en el Perú; América central y México.

CATIE (1992) señala que *Inga edulis* constituye la sombra más fácil y económica de manipular en lo que respecta a la poda, ya que puede mantenerse estable su altura a 4 – 5m., lográndose así resistencia al viento. Según el CATIE (1992), *Inga edulis* nodula abundantemente, y posee una buena habilidad de establecimiento y sobrevivencia. Es tolerante a la sequía rigurosa (hasta 100 días/año). Su crecimiento rápido y rusticidad sugieren que podría ser útil para pequeños finqueros como fuente de leña y para su uso en barbechos mejorados.

Según Calzada citado por CHUQUIPOMA (1990), *Inga* es una especie moderadamente pesada (peso específico 0.57) y de excelente combustión y poder calorífico 7064.5 Kcal/kg muy utilizado en las Antillas para hacer carbón, los árboles rebrotan bien, es una especie de rápido crecimiento, el incremento de diámetro a veces sobrepasa 2.5 cm/año. ARCE (1990) manifiesta que las principales propiedades de especies del género *Inga* son la nitrificación del suelo, alta producción de hojas, de fácil poda, sombra ideal, crecimiento rápido, alto poder de regeneración, alimento humano y buen combustible.

#### **2.1.5. Investigaciones realizadas**

Szott (1991) citado por CATIE (1992) menciona que en investigaciones realizadas en Yurimaguas – Perú, se analizó el potencial de

*Inga edulis* para cultivo en callejones, y se encontró que el género produce una gran cantidad de biomasa aportable al sistema que mejora el nivel nutricional del suelo. Los mismos autores determinaron, que sobre suelos ácidos *Inga edulis* crece hasta 30 cm/mes en los primeros 7 meses y que es capaz de producir hasta 5 tn/ha/año de biomasa después del segundo año. Novoa citado por CATIE (1992) manifiesta que *Inga edulis* es utilizado en distintos sistemas agroforestales, existiendo diferencias estructurales y de crecimiento significativas, dependiendo del lugar donde se desarrolle. Así mismo, Novoa citado por CATIE (1992) determinó en dos sitios con características ambientales diferentes, que *Inga edulis*, alcanzó a los tres meses diámetros promedio de 0.48 cm y 0.65 cm, y alturas promedio de 23.98 cm y 35.73 cm en cada uno de los lugares respectivamente. Roskoski *et al.* (1981) citado por CATIE (1992), lograron analizar el proceso de fijación de nitrógeno en un sistema café e *Inga jinicuil*, plantada a 205 árboles/ha., cuantificando que se produce 71 kg/ha de nódulos fijadores de nitrógeno efectivos. Lograron relacionar la fijación de nitrógeno a los procesos fenólicos inherentes a la especie. También relacionó la superficie fotosintética con la presencia de nódulos. Después de la floración, la actividad fotosintética decreció. En los meses de junio y julio, cuando la fructificación y el área fotosintética era mayor, la actividad de fijación fue máxima. Las legumbres en agosto maduran y caen y subsecuentemente, decrece la actividad de fijación.

El proceso de fijación/nodulación está directamente relacionado con la producción fotosintética que genera carbohidratos, los que son utilizados

para la formación de nódulos a nivel radical. Szott (1991) citado por CATIE (1992) asegura que *Inga edulis* es capaz de aportar la mayoría de los macronutrientes (excepto fósforo) con la biomasa podada incorporada *in situ* para una producción moderada de arroz en cultivo en callejones. *Inga edulis* es resistente a suelos ácidos. Estudios con mulch de *Inga edulis* en Yurimaguas – Perú, indican que su descomposición es muy lenta, lo que asegura su presencia en el campo por un tiempo prolongado; después de 20 semanas permanece en el suelo hasta un 68% de materia seca. Dicha lentitud también contribuye a un eficiente control de malezas y al mantenimiento de la humedad en las capas superficiales del suelo, aún en época seca (Szott, 1991, citado por CATIE, 1992).

## **2.2. Las raíces y su crecimiento**

Duvdevani (1964) citado por KRAMER (1989) manifiesta que los sistemas de raíces tienen cuatro funciones importantes: la absorción, la fijación, el almacenamiento y la síntesis de varios compuestos orgánicos. Prácticamente, todos los minerales y el agua absorbidos por las plantas terrestres penetran por sus raíces. Es cierto que las hojas pueden absorber agua y solutos, pero la absorción foliar del agua es insignificante si se compara con la absorción por las raíces. Parece posible que un crecimiento reducido de las raíces, que se produce cuando éstas se encuentran sometidas a condiciones ambientales desfavorables, pueda ser el resultado de una interferencia con sus funciones sintéticas y también con la absorción.

Burstrom (1965) citado por KRAMER (1989) indica que además de las actividades sintéticas de las raíces mismas, deben tomarse en cuenta las actividades sintéticas de las bacterias y demás organismos asociados con ellas. Conocidas son las actividades fijadoras de nitrógeno de bacterias como *Rhizobium sp.* que crecen en nódulos tanto en legumbres como en plantas no leguminosas, y el nitrógeno que fijan estimula el crecimiento de la planta huésped y sus vecinas.

El crecimiento pujante de las raíces y su funcionamiento como superficies absorbentes dependen de muchos factores en el ámbito de la tierra que las rodea, especialmente los que afectan a la resistencia mecánica contra la extensión de las raíces, el abastecimiento en agua, la aireación y la composición química de la disolución del suelo. En suelos de textura fina, el crecimiento de la raíz se reduce a veces por aireación deficiente.

### **2.3. Nutrición vegetal**

FASSBENDER (1991) señala que existen 16 elementos químicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, divididos en 2 grupos principales: los no minerales y los minerales, siendo los primeros el carbono, hidrogeno y oxigeno y subdividiéndose los segundos en primarios: nitrógeno, fósforo y potasio, secundarios: calcio, magnesio y azufre, y los micro nutrientes; boro, hierro, cloro, manganeso, cobre, molibdeno y zinc.

### **2.3.1. Nitrógeno**

FASSBENDER (1991) indica que el nitrógeno del suelo es un elemento muy móvil y se encuentra íntimamente relacionado con gran cantidad de procesos físicos, químicos y biológicos, el empleo de nitrógeno por las plantas es esencial para la fotosíntesis, crecimiento y reproducción; y constituye la fracción nitrogenada de las proteínas de las plantas, así como también es constituyente de la clorofila. DINAH (2004) menciona que el nitrógeno es un elemento vital para las plantas. Tan importante como la proteína para el organismo humano. Cuando existe una deficiencia de nitrógeno en las plantas, las hojas se ponen amarillas y la planta se retrasa en su crecimiento.

### **2.3.2. Fósforo**

DINAH (2004) señala que el fósforo estimula el crecimiento pero en menor medida que el nitrógeno, estando implicado básicamente en el crecimiento de la raíz mejorando por ende la captura del nitrógeno por las plantas. El fósforo le da la fuerza necesaria a la planta para que se mantenga rígida y pueda así sostener todas sus partes. También promueve el buen desarrollo de las raíces y fortalece el ciclo de cada planta. La falta de fósforo se reconoce porque las hojas se oscurecen más de lo normal. La planta deja de florecer o florece muy poco y las raíces dejan de crecer. Es esencial en todas



las formas de vida conocidas, dado que constituye un elemento clave en muchos procesos fisiológicos y bioquímicos.

Se trata de un componente presente en todas las células de todos los organismos vivos. El fósforo controla todos los procesos biológicos en las plantas. Además, el fósforo es un componente fundamental del sistema de transporte de energía en todas las células (HARTMANN y KESTER, 1987).

### **2.3.3. Potasio**

El potasio activa las necesidades de enzimas en la formación de proteína, almidón, celulosa y lignina además de estar implicado en el intercambio de gas necesario para la fotosíntesis y la transformación ya que con un buen suministro de este elemento la planta transpira menos y por ende mejora el empleo de agua (HARTMANN y KESTER, 1987). DINAH (2004) califica al potasio como un elemento indispensable para la fotosíntesis de las plantas. Sin este elemento, la planta no puede cumplir su ciclo normalmente. Sin potasio las hojas muestran severos cambios de color que pueden ser en tonalidades amarillentas o verde muy pálido con manchas cafés. Las plantas también muestran algunos cambios cuando les falta algún otro componente como zinc, hierro, magnesio, calcio y otros.

La concentración de potasio en la solución suelo es muy importante en su disponibilidad, a mayor concentración, una mayor cantidad de potasio se mueve vía flujo de masas, y otro tanto se desplaza por gradiente de difusión

hacia la raíz. Estos procesos son afectados por el contenido de agua, la temperatura y las características físicas del suelo (DEVLIN, 1975).

En el Cuadro 1, se presentan las formas en que los elementos nutrientes son absorbidos por las plantas, así como las funciones principales que desempeñan en el desarrollo y crecimiento de las plantas (UPTV, 2003).

Cuadro 1. Funciones principales de nutrientes.

Elemento	Forma de ser absorbido	Concentración usual en plantas (% del peso seco)	Funciones Principales
<b>Macronutrientes</b>			
C	CO <sub>2</sub>	» 44 %	Componente de compuestos orgánicos.
O	H <sub>2</sub> O u O <sub>2</sub>	» 44 %	Componente de compuestos orgánicos.
H	H <sub>2</sub> O	» 6 %	Componente de compuestos orgánicos.
N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> o NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1-4 %	Aminoácidos, proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, clorofila y coenzimas.
K	K <sup>+</sup>	0,5-6 %	Enzimas, aminoácidos, y síntesis de proteínas, Activador de muchas enzimas. Apertura y cierre de estomas.
Ca	Ca <sup>2+</sup>	0,2-3,5 %	Calcio de las paredes celulares, Cofactor enzimático, Permeabilidad celular, Componente de la calmodulina, un regulador de la membrana y de las actividades enzimáticas.
P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> o HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,1-0,8 %	Formación de compuestos fosfatados de "alta energía" (ATP y ADP), Ácidos nucleicos, Fosforilación de azúcares y Varios coenzimas esenciales. Fosfolípidos.
Mg	Mg <sup>2+</sup>	0,1-0,8 %	Parte de la molécula de clorofila. Activador de muchas enzimas.
S	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,05-1 %	Algunos aminoácidos y proteínas. Coenzima A.
<b>Micronutrientes</b>			
Fe	Fe <sup>2+</sup> o Fe <sup>3+</sup>	25-300 ppm	Síntesis de clorofila, citocromos y nitrogenasa.
Cl	Cl <sup>-</sup>	100-10.000 ppm	Ósmosis y equilibrio iónico, probablemente esencial en reacciones fotosintéticas que producen oxígeno.
Cu	Cu <sup>2+</sup>	4-30 ppm	Activador de ciertas enzimas.
Mn	Mn <sup>2+</sup>	15-800 ppm	Activador de ciertas enzimas.

Zn	$Zn^{2+}$	15-100 ppm	Activador de ciertas enzimas.
Mo	$MoO_4^{2-}$	0,1-5,9 ppm	Fijación del nitrógeno. Reducción del nitrato.
B <sub>o</sub>	$BO_3^-$ o $B_4O_7^{2-}$	5-75 ppm	Influye en la utilización del calcio.

Fuente: UPTV, 2003.

## 2.4. Características del suelo

KRAMER (1989) manifiesta que el suelo constituye un sistema complejo que consiste en proporciones variables de cuatro componentes; son estos: el mineral o partículas de roca y la materia orgánica muerta que constituye la matriz sólida, y la disolución del suelo y el aire que ocupan el espacio poroso dentro de esa matriz. Además de esos cuatro componentes, el suelo contiene generalmente múltiples organismos vivos tales como bacterias, hongos, algas, protozoos y animalillos pequeños que afectan directa e indirectamente a la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (KRAMER, 1989). La materia orgánica no viviente suele constituir menos del 5 % del volumen, salvo en la capa superficial, pero puede variar muchísimo en un suelo que esté sometido a prácticas agrícolas. En suelos agrícolas con capacidad de campo la fracción hídrica suele ser de 40 a 60 % del espacio poroso (KRAMER, 1989). Los organismos del suelo desempeñan un papel importante en la deterioración de la materia orgánica y en la liberación de alimentos nitrogenados y minerales que entonces quedan disponibles para ser absorbidos; también tienden a variar el contenido de oxígeno e incrementar el bióxido de carbono contenido en el suelo, modificando así la atmósfera del suelo en que crecen las raíces (KRAMER, 1989). Las características principales del suelo dependen principalmente de la textura y de la distribución por tamaño de partículas minerales, de la estructura o del modo en que están

organizadas esas partículas, de la clase de minerales arcillosos presentes y del tipo y cantidad de iones intercambiables adsorbidos a ellos, y la cantidad de materia orgánica incorporada a la materia mineral (KRAMER, 1989).

#### **2.4.1. Textura del suelo**

Según KRAMER (1989), las clasificaciones de texturas del suelo se basan en las cantidades relativas de arena, sedimentos y arcilla que predominen en la fracción sólida. Los suelos se clasifican como arenosos, margosos, limosos o arcillosos, con varias clases intermedias como marga arenosa, marga limosa o marga arcillosa. Si la arcilla encierra una elevada proporción de iones de hidrogeno, el suelo es ácido. Si la mayoría de las posiciones de intercambio están dominadas por iones básicos tales como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ , es alcalina. El suelo menos complejo es de arena, la cual por definición contiene menos de 15% de limo y arcilla. Los suelos arcillosos se encuentran en el otro extremo en lo relacionado con la dimensión y complejidad de las partículas, porque contienen más de 40% de partículas de arcilla y menos de 45% de arena o limo; debido a su forma de láminas, las partículas de arcilla tienen un área superficial muchísimo más grande que cubos o esferas de volumen semejante. Su superficie extensa permite que las partículas de arcilla encierren más agua y minerales que los suelos arenosos (KRAMER, 1989). Los efectos de la adición de materia orgánica tienden a proporcionar a un suelo de textura fina y alto contenido arcilloso, algunas de las propiedades de espacio poroso correspondientes a un suelo de textura más gruesa.

#### **2.4.2. Estructura y porosidad del suelo**

KRAMER (1989) menciona que la combinación de las partículas fundamentales del suelo formando mezclas, produce la estructura del suelo. El grado de estructura que existe en un suelo afecta a la cantidad y las dimensiones de los poros, y por lo tanto afecta muchísimo al movimiento del agua y la aireación del suelo. Según Baver (1956) citado por KRAMER (1989), el suelo ideal tiene su espacio poroso dividido casi en partes iguales entre poros grandes y pequeños, o capilares y no capilares. Un suelo así tiene suficientes poros grandes para permitir desagüe y aireación adecuados, y suficientes poros pequeños para darle una suficiente capacidad de retención de agua.

## **2.5. Degradación de suelos**

HURTADO (2002) manifiesta que la degradación comienza generalmente como consecuencia de la eliminación de la cubierta vegetal, como una acción de origen antrópica; una vez iniciada, hay diversos procesos que intervienen con posterioridad, como erosión, salinización, contaminación, degradación física, degradación química y biológica. El que actúe uno u otro y la intensidad relativa de cada uno, depende de los factores ambientales. De forma análoga a lo que ocurre durante su formación. La degradación de los suelos es, en su más amplio sentido, uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento. LAL (1990) indica que la degradación de tierras es un proceso que conlleva a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Los sistemas agrícolas han conducido a un deterioro continuo del recurso suelo, en especial, desde el punto de vista químico, lo que se traduce

en una pérdida de la productividad agrícola reflejada en menores rendimientos y mayores problemas ambientales. En los últimos años la degradación de este sistema se ha incrementado debido, principalmente, a la implementación de la agricultura intensiva y al empleo indiscriminado de los recursos naturales disponibles, sin tener en cuenta la calidad de estos; y por último, a fenómenos de interacción ambiental, lo que está llevando no solo a la disminución de rendimientos de los cultivos en calidad y cantidad, sino también a los procesos de degradación de suelos por salinización y contaminación que, en casos graves, conduce irremediablemente a la desertificación.

### 2.5.1. Niveles críticos de nutrientes en el suelo

AYRE y ROMAN (1982) señalan que la zona selvática debido a la alta meteorización de sus suelos, generalmente de naturaleza acida, presenta limitaciones en cuanto a la disponibilidad de nutrientes. En el Cuadro 2 se detallan los niveles críticos de los macro nutrientes para la zona selvática.

Cuadro 2. Niveles críticos de nutrientes en el suelo.

Nivel Critico	Cantidad de nutrientes en el suelo					
	N (%)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (Kg/Ha)	M.O (%)	CIC (meq/g)	Cal. Total (%)
Muy Bajo					< 5	
Bajo	< 0,1	0 - 6	0 – 300	< 2	5 - 10	< 1
Medio	0,1 - 0,2	7 - 14	300 – 600	2 - 4	10 - 15	1 - 5
Alto	> 0,2	> 14	> 600	> 4	15 - 20	5 - 10

Muy Alto

&gt; 20

&gt; 15

---

Fuente: AYRE y ROMAN (1982), Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA.

Según LAL (1990), la degradación del suelo, tiene diversas consecuencias para la conservación de la biodiversidad, pudiéndose citar entre ellas:

### **2.5.2. Pérdida de elementos nutrientes**

La pérdida de nitrógeno, fosforo, potasio, azufre, calcio, magnesio y micro elementos. Puede ser de manera directa, al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de una forma indirecta por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlos.

### **2.5.3. Modificación de las propiedades físico-químicas**

La degradación del suelo, tiene como consecuencia la acidificación, desbacificación y bloqueo de los micros elementos que quedan en posición no disponibles. Así mismo, procesos de salinización y alcalinización, propios de las zonas áridas y semiáridas.

### **2.5.4. Deterioro del estado estructural del suelo**

La compactación del suelo produce una disminución de la porosidad, que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la

estabilidad. Como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por lo tanto aumenta la escorrentía.

#### **2.5.5. Disminución de la capacidad de retención de agua en el perfil**

Se da por deterioro del estado estructural del suelo, pérdida de la materia orgánica del suelo, pérdida de materiales coloidales inorgánicos o por pérdida de los horizontes superficiales del suelo.

### **2.6. Origen de la acidez del suelo**

El origen de los suelos degradados, se debe a condiciones climáticas de abundante precipitación pluvial. Por esta razón se lixivian gran cantidad de basas intercambiables del suelo como Ca, Mg, K, Na; con la consecuente acidificación progresiva de los suelos tropicales, siendo controlada principalmente por el aluminio cambiante y reacciones de intercambio catiónico (Kamprath, 1967, citado por MENDOZA, 1987). En los suelos ácidos el aluminio activo se encuentra en la solución suelo, de donde puede ser absorbido libremente por las plantas llegando en algunos casos a causar toxicidad en éstas (Estrada, 1978, citado por MENDOZA, 1987).

En condiciones de suelos ácidos del trópico una gran proporción del hidrogeno que aparentemente, es intercambiable, se origina en la hidrólisis del aluminio difícilmente intercambiable. En suelos minerales ácidos se encuentra hidrogeno intercambiable en pequeñas cantidades e iones de hidrogeno producidos por la descomposición de la materia orgánica (grupos



funcionales carboxilo), éstos son inestables en estos suelos porque reaccionan con arcillas y silicatos laminares, liberando aluminio intercambiable y ácido silícico (Foy, 1978, citado por MENDOZA 1987).

La mayor solubilidad del aluminio ( $Al^{+3}$ ) está alrededor de pH 4.5, en esta condición el ión puede ser absorbido fácilmente por las raíces de las plantas, pudiéndose originar toxicidad en la planta. Siendo baja la solubilidad del aluminio dentro del rango de pH entre 5.5 a 7.5, donde se precipita permaneciendo relativamente insoluble, como  $Al(OH)_3$  (FASSBENDER, 1991).

AZABACHE (1991) señala que las principales causas que originan suelos ácidos, son la aplicación continua de fertilizantes que dejan residuos ácidos, como los fertilizantes nitrogenados conocidos en el mercado como urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio, contienen o transforman su nitrógeno a la forma amoniacal ( $NH_4^+$ ) que, al oxidarse en el suelo, se nitrifica ( $NO_3^-$ ), liberando hidrógeno ( $H^+$ ) el cual acidifica el suelo. Las regiones ácidas son las más susceptibles a la formación de suelos ácidos, a menos que exista una considerable acumulación de  $CaCO_3$  presente en el suelo; así los países que tienen lluvias anuales de 1000 mm o más, tienen un porcentaje elevado de suelos ácidos. El agua de lluvia que contiene bióxido de carbono del aire o del suelo disuelto es eficaz para disolver y lixiviar el calcio del suelo (CENTURIÓN, 1986).

### **2.6.1. Formas de acidez**

Coleman (1967) citado por ALVARADO (1995), menciona que la acidez se determina en suelos minerales por el % de saturación de Al de la Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva (acidez cambiante), mientras que en suelos orgánicos se encuentra relacionado con la liberación de iones H de la materia orgánica. Así mismo, el origen de la acidez de tipo no cambiante se debe a la presencia de óxidos hidratados de Fe y Al en los espacios interlaminares de las arcillas.

### 2.6.2. pH del suelo

Según AYRE y ROMAN (1982), es de conocimiento que una de las propiedades químicas, particularmente interesantes en el ámbito de la fertilización es el pH del suelo. Uno de los problemas de los suelos tropicales es el problema de la acidez del suelo, debido principalmente a las condiciones de alta meteorización. En el Cuadro 3 se detallan los términos descriptivos y los correspondiente rangos de potencial de hidrogeno (pH).

Cuadro 3. Clasificación de la acidez del suelo en función del pH.

Término descriptivo	Rango de pH
Extremadamente ácido	<4.0
Muy fuertemente ácido	4.0 - 5.0
Fuertemente ácido	5.1 - 5.5
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutral	6.6 - 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 - 7.8

Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	>9.0

---

Fuente: AYRE y ROMAN (1982), Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA

## **2.7. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La CIC, es una de las propiedades más importantes del suelo, y tiene influencia sobre una gran cantidad de características de las propiedades físicas y químicas del suelo (CENTURIÓN, 1986). La CIC de la materia orgánica se debe principalmente a los grupos funcionales carboxilos (-COOH), fenólicos, alcohólicos y metaoxílicos (-OCH<sub>3</sub>), que se encuentran en la periferia de las moléculas de ácidos húmicos, los cationes cambiabiles influyen en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso, el intercambio catiónico y aniónico, que resulta de la interacción de las fases sólidas y líquidas del suelo, dependen de la composición y características del complejo coloidal. La baja CIC es una restricción importante en el suelo, debido a la susceptibilidad de los nutrientes móviles a la lixiviación a partir de los perfiles (CENTURIÓN, 1986).

## **2.8. Efectos tóxicos del aluminio en las plantas**

Los mayores daños del aluminio en la planta se dan a nivel radicular, centralizándose en la zona meristemática y de elongación, siendo éstos, considerados como los más efectivos en lo referente a la absorción y, por consiguiente a la translocación de elementos nutritivos (Estrada y

Cumming, 1978. Citado por MENDOZA, 1987). Es por ello que plantas que se desarrollan en altos niveles de aluminio presentan síntomas de desnutrición general (LEON, 1971).

La asimilación de calcio y fósforo están correlacionados negativamente con el aluminio, dando como resultado una deficiencia aparente de fósforo y calcio, seguida por una alteración de los procesos metabólicos y por consiguiente la inhibición en el crecimiento de las plantas. Los síntomas de deficiencia de calcio se observa en cultivos que crecen en suelos ácidos, y se debe a la presencia de un antagonismo entre el aluminio y el calcio, mas no a las bajas concentraciones de calcio en el suelo. El aluminio en la solución suelo promueve mayor acidez, la cual incrementa la disponibilidad de los micronutrientes, especialmente de Mn y Zn, generalmente reduce la disponibilidad de Ca, Mg y K, de allí que se agrave el efecto toxico del Al (Millar, 1965, citado por MENDOZA 1987).

El aluminio soluble alcanza niveles tóxicos para el desarrollo de las plantas, el ión  $Al^{+++}$  esta tan relacionado con las condiciones ácidas, que junto con el ión  $H^+$  se consideran característicos de ella; el aluminio tiende a acumularse en las raíces, impidiendo la absorción y el traslado del Ca y P a la parte aérea, de esta manera la toxicidad alumínica produce deficiencias de Ca y P (CENTURIÓN, 1986). Los primeros síntomas de daños de Al se observa en el sistema radicular. Las raíces quedan cortas, muy gruesas, poco ramificadas de color pardo y perdiendo turgidez. Las raíces principales dejan de crecer, se

vuelven delgadas y distorsionadas. En las raíces laterales se produce una reducción de la plasticidad normal de la membrana celular, ya que el Al reemplaza al Ca en la lámina péctica. La toxicidad en la parte aérea se manifiesta porque se forman hojas más pequeñas con entrenudos delgados y cortos. El follaje se vuelve más oscuro y a veces se observa una coloración purpura en las hojas o tallos, lo cual indica deficiencia aparente de P (Foy, 1978, citado por MENDOZA, 1987).

## **2.9. Área foliar en especies forestales**

En general hoy en día se acepta que gran parte de la variación en la producción de madera y biomasa puede explicarse por la variación de interceptación de la luz. La interceptación de la luz es principalmente una función de la cantidad de área foliar y de la duración del despliegue del área foliar. Las diferencias en la arquitectura de la copa del árbol individual y de la estructura del dosel del rodal también pueden afectar la interceptación de la luz (GERARDO, 2005). Así mismo, MUÑOZ *et al.* (2008), manifiesta que la cantidad de luz interceptada por el follaje es importante para el crecimiento de los árboles y, por lo tanto, para la productividad y dinámica de las plantaciones. El área foliar (AF) es considerado un buen indicador de la capacidad de la copa para absorber la radiación fotosintéticamente activa.

Simioni *et al.* (2004) citado por MUÑOZ *et al.* (2008) consideran que el área foliar está fuertemente relacionada con el nivel de interceptación de luz, transpiración y fotosíntesis neta en la copa, y varía de acuerdo a las

condiciones ambientales en las cuales se desarrolla un rodal, a la edad, a la época del año y a las características de éste. Por lo tanto, la estimación del área foliar puede ser usada como una herramienta de manejo de gran valor para monitorear y predecir el crecimiento de la plantación, aspecto de importancia en el manejo de plantaciones de rápido crecimiento.

La determinación del área foliar de las plantas tiene gran importancia en los estudios relacionados con su crecimiento y desarrollo, dado que en las hojas se sintetizan los carbohidratos que van a repartirse en los diferentes órganos. La capacidad de fotosíntesis de las plantas esta directamente relacionada con la superficie foliar expresada como índice de área foliar (NORKYS y DÁMASO, 1999). Así mismo, los autores determinaron que en plantas jóvenes de níspero, que crecieron bajo una estructura de techo transparente, desarrollaron mayor número de hojas y de mayor tamaño que aquellas que crecían en un umbráculo con menor intensidad de luz.

## **2.10. Biomasa**

La biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área, en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca (ITURREGUI, 1998). MERINO *et al.* (2003) mencionan que la biomasa forestal juega un rol importante en el ciclo global del carbono y que a partir de la biomasa forestal se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación, siendo aproximadamente el 50 % de la biomasa.

LAPEYRE *et al.* (2004) manifiestan que el dióxido de carbono en la atmósfera es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis como parte del ciclo del carbono.

ICRAF s/f, menciona que la cantidad de carbono secuestrado se relaciona a la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinada por las condiciones del suelo y clima. Las plantas tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera basado en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija el carbono, que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento (ICRAF s/f). Se asume que el 45% de la biomasa vegetal seca es carbono. Existe en los bosques una acumulación de carbono que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar entre 150 y 382 t/ha, por lo tanto el carbono almacenado varía entre 67.5 a 171 t/ha (ICRAF s/f).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación, se realizó en suelos degradados (ex cicales) del Sector Supte San Jorge, distante aproximadamente a 15 km. de la ciudad de Tingo María, Distrito Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. Geográficamente se encuentra ubicado en las coordenadas métricas (UTM) 390285, 8970897; Este y Norte respectivamente, a una altitud de 670 m.s.n.m. donde la temperatura promedio anual es de 24.2 °C, con una humedad relativa de 82% y una precipitación anual de 3,200 mm.

Cuadro 4. Ubicación geográfica de Tingo María.

Latitud Sur	09° 09' 00"
Longitud Oeste	75° 57' 00".
Altitud	660 m.s.n.m.

Fuente: Estación meteorológica y climatológica "José Abelardo Quiñones"(2009).

Ecológicamente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida y de formaciones vegetales del mundo de Holdridge (1982), Tingo María se



encuentra ubicado en la formación vegetal de Bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST).

### **3.2. Características del suelo de la zona experimental**

Las características del área experimental (suelos degradados ex cicales) con 30 años de abandono y escasa vegetación, según los análisis realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, presentan suelos de textura arcillosa, con pH promedio de 4.25, encontrándose dentro del rango de extremadamente ácido (AYRE y ROMAN, 1982), con un nivel crítico medio de, materia orgánica (M.O.), nitrógeno (N) y fósforo (P), y un nivel crítico bajo de potasio ( $K_2O$ ) y una baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) (ver Cuadros 2 y 3, y Anexo análisis de suelos).

### **3.3. Materiales y equipos**

#### **3.3.1. Material biológico**

- Semillas de la especie forestal guaba (*Inga edulis Mart.*).
- Biomasa vegetal fresca y seca.

#### **3.3.2. Materiales de laboratorio**

- Balanza con precisión de 0.01gr, estufa store.

#### **3.3.3. Equipos**

- GPS (sistema de posicionamiento global), brújula.

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Elección y limpieza del terreno**

La investigación se desarrolló en suelos degradados (ex cocales) en la localidad de Supte San Jorge; procediéndose a limpiar el área de estudio, posteriormente se delimitó el terreno de acuerdo a los tratamientos preestablecidos, siendo el área efectiva 150 m<sup>2</sup>.

#### **3.4.2. Demarcación del terreno**

Se estableció parcelas de 5 m x 5 m, las cuales conforman los bloques, en cada bloque o parcela se estableció las semillas de guaba (*Inga edulis Mart.*), con un distanciamiento de 70 cm entre cada punto de siembra (ver Figura 1).

#### **3.4.3. Siembra y labores culturales**

La siembra se realizó el 20 de marzo del 2010, este procedimiento consistió en remover el suelo a diferentes profundidades (10, 20, 30, 40 y 50 cm) aproximadamente en un cuadrante de 30 x 30 cm; el distanciamiento entre hoyos fue 70 cm y de un metro entre tratamientos. Una vez removido el suelo, se mezcló en una proporción de 50% de suelo y 50% de biomasa vegetal fresca y seca (rabo de zorro, melastomataceas, macorilla y otras propias de la zona de estudio) existentes en la zona colindante al área de estudio. Luego, con esta mezcla se relleno los hoyos aperturados de acuerdo a las medidas arriba señaladas. Una vez rellanado los hoyos se procedió a sembrar las semillas de guaba (*Inga edulis Mart.*) por la técnica de golpe, a razón de 3

semillas por hoyo. Se sembraron en 07 hoyos por tratamiento y por cada tratamiento se realizaron 06 repeticiones obteniendo 42 hoyos por tratamiento y realizándose en total 210 hoyos. En el Cuadro 5, se muestran los tratamientos realizados.

Cuadro 5. Tratamientos realizados.

Tratamientos	Profundidad (cm)	Sustrato	
		Materia Vegetal (%)	Suelo (%)
T1	10	50	50
T2	20	50	50
T3	30	50	50
T4	40	50	50
T5	50	50	50

#### 3.4.4. Evaluación de diámetro y altura

Se realizó tres evaluaciones de las variables diámetro y altura, al mes, 2 meses y tres meses de establecida la plantación. Para la medición de altura de las plántulas se procedió a utilizar una regla milimetrada, midiendo desde el nivel del suelo hasta la yema apical de las plántulas.

Para el caso de evaluación del diámetro, se midió a 3 cm de la plántula con un vernier mecánico.

### 3.4.5. Determinación del área foliar

Para la evaluación de este parámetro se procedió a extraer 6 plantas por tratamiento, las mismas que fueron tomadas al azar. En total se evaluaron 30 plantas para los 5 tratamientos. La determinación del área foliar se realizó por el método del sacabocado, bajo el siguiente procedimiento: de cada planta se tomó al azar foliolos de la parte superior, media e inferior, de éstos se obtuvo 100 discos de 1.74 cm de diámetro ( $\text{área}_{\text{disco}} = 2.3779 \text{ cm}^2$ ) para determinar la relación peso área. Luego se determinó el peso seco (70 °C por tres días) total de hojas y de los discos; en el caso del peso seco total no se tomo en cuenta la nervadura principal. El área foliar se determinó mediante la siguiente relación (GONZALES, 2006):

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Área disco} \times \text{Peso seco total hojas}}{\text{Peso seco disco}}$$

### 3.4.6. Determinación de biomasa y volumen radicular

Se determinó la biomasa (masa seca) promedio por planta, alcanzada en cada tratamiento, para ello se determinó el peso fresco total de cada una, posteriormente se llevo a estufa a 75 °C hasta obtener peso seco constante (ICRAF, s/f). La biomasa se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$MS(\%) = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

$$B(\text{gr} / \text{planta}) = \frac{\text{Peso fresco}(MS)}{100}$$

Donde:

MS = porcentaje de materia seca

B = Biomasa

El volumen radicular se determinó por el principio de Arquímedes, sumergiendo la raíz en un peso conocido de agua destilada, registrando el incremento de peso correspondiente, que representa el volumen desplazado por la raíz.

### **3.5. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), realizando un total de 5 tratamientos (ver cuadro 5), los cuales fueron repetidos y distribuidos al azar en cada bloque (ver figura 1).

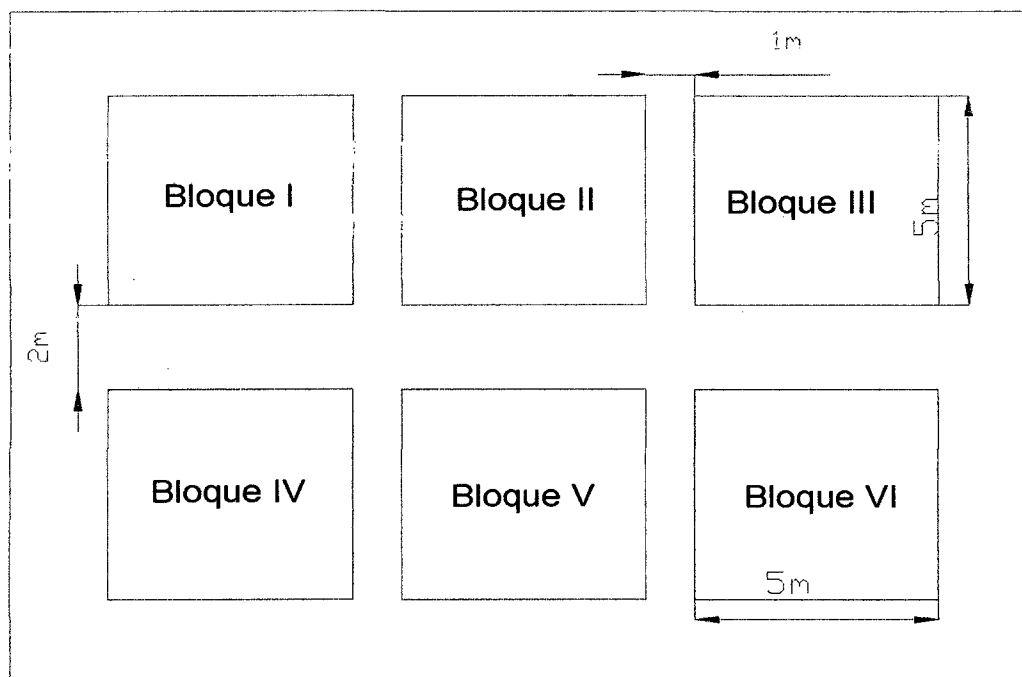


Figura 1. Diseño experimental de instalación en campo

### 3.6. Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), la misma que se muestra en el Cuadro 6, siendo el factor estudiado las diferentes profundidades (10, 20, 30, 40 y 50 cm.), haciendo un total de 5 tratamientos con 5 repeticiones cada una; para comparar la diferencia entre promedios se utilizó la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ) (PIMENTEL, 1984).

Cuadro 6. Análisis de varianza (ANVA).

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	$(r-1) = 5$
Tratamientos	$(t-1) = 4$
Error	$(r-1)*(t-1) = 20$
Total	$(r*t) - 1 = 29$

### 3.6.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij}$$

Donde :

- $Y_{ij}$  : Variable respuesta u observación  
 $\mu$  : Media poblacional  
 $t_i$  : Efecto del  $i$  – ésimo tratamiento  
 $B_j$  : Efecto del  $j$  – ésimo Bloque  
 $E_{ij}$  : Error experimental.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación del efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal en el crecimiento de diámetro y altura de guaba (*Inga edulis Mart*).

#### 4.1.1. Influencia en el diámetro de guaba (*Inga edulis Mart*).

Los resultados promedio obtenidos sobre el diámetro de planta, se presentan en el Cuadro 7 y Figura 2, donde se observa que en las tres evaluaciones realizadas (mensuales), los mejores tratamientos fueron el T3 (a 30 cm de profundidad + biomasa vegetal) y T2 (a 20 cm de profundidad + biomasa vegetal), fue de 0.474 cm y 0.430 cm respectivamente, seguido por los tratamientos T4 con 0.408 cm; T5 con 0.391 cm y T1 con 0.366 cm.

Cuadro 7. Incremento promedio del diámetro (cm) por tratamientos.

Tratamientos	1ra evaluación	2da evaluación	3ra evaluación	Total Tratamientos	Promedio Tratamientos
T1	0.196	0.287	0.366	0.850	0.283
T2	0.245	0.345	0.430	1.020	0.340
T3	0.270	0.370	0.474	1.114	0.371
T4	0.235	0.340	0.408	0.983	0.328
T5	0.241	0.319	0.391	0.952	0.317
Total evaluación	1.188	1.661	2.069		
Prom. evaluación	0.238	0.332	0.414		

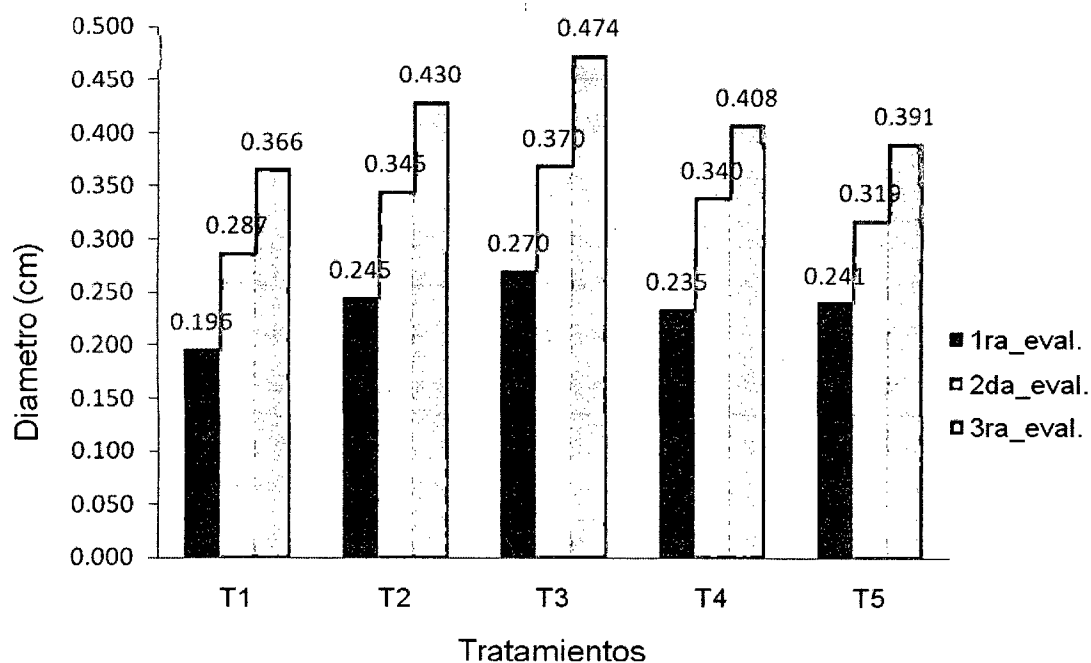


Figura 2. Incremento promedio del diámetro por tratamientos.

Los diámetros alcanzados por los tratamientos T3 y T2 se aproximan a los encontrados por Novoa citado por CATIE (1992) quien determinó en dos sitios con características ambientales diferentes, que *I. edulis*, alcanzó a los tres meses diámetros promedio de 0.480 cm y 0.650 cm esto muestra que los tratamientos T3 y T2 a pesar de desarrollarse en suelos degradados con características ambientales desfavorables, se asemejan a las condiciones ambientales naturales de desarrollo de *I. edulis*. Así mismo, el autor señala que existen diferencias estructurales y de crecimiento significativas, dependiendo del lugar donde se desarrolle la especie. Asimismo, CALZADA (1990) manifiesta que los árboles de *Inga* por ser especies de rápido crecimiento alcanzan incrementos promedio de diámetro de 2.5 cm/año.

Esta adaptación de *I. edulis* a condiciones desfavorables, se debe posiblemente a que las principales propiedades, de especies del género *Inga* son la nitrificación del suelo (ARCE, 1990), quienes se desarrollan en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno como los rizobios, formando nódulos capaces de tomar el N<sub>2</sub> y hacerlo asimilable para la planta. El nitrógeno que fijan estimula el crecimiento de la planta huésped y sus vecinas (Burstrom, 1965. citado por KRAMER, 1989). Por otro lado, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (1992), menciona que *I. edulis* nodula abundantemente, y posee una buena habilidad de establecimiento y sobrevivencia. Es tolerante a la sequía rigurosa de hasta 100 días/año (CATIE, 1992). El análisis de varianza (Cuadro 8), muestra que existe diferencia altamente significativa (\*\*) entre bloques y entre tratamientos, lo que indica que los bloques y tratamientos son estadísticamente diferentes.

Cuadro 8. Análisis de varianza del diámetro de *Inga edulis* Mart.

Fuente de Variación	G. L.	1ra_evaluacion			2da_evaluacion			3ra_evaluacion		
		C. M.	F cal	Sig.	C. M.	F cal	Sig.	C. M.	F cal	Sig.
Bloques	5	0.0006	0.6224	NS	0.0043	4.1761	**	0.0080	3.8790	**
Tratamientos	4	0.0043	4.6208	**	0.0058	5.6792	**	0.0100	4.8408	**
Error	20	0.0009			0.0010			0.0021		
Total	29									

NS: no significativo; \*\*: altamente significativo

Para conocer el tratamiento, que mejor ha influido en el desarrollo del diámetro, se realizó una prueba de medias (prueba de Duncan  $p < 0.05$ ) de la última evaluación. En el Cuadro 9 y Figura 3, la prueba de Duncan muestra

que existen tres subgrupos (a, b y c) de tratamientos estadísticamente similares (T3, T2), (T2, T4 y T5) y (T4, T5 y T1).

Cuadro 9. Prueba de Duncan para tratamientos sobre el crecimiento en diámetro.

Tratamiento	Promedios (cm)	Duncan( $p < 0.05$ )
T3	0.474	A
T2	0.430	Ab
T4	0.408	Bc
T5	0.391	Bc
T1	0.366	C

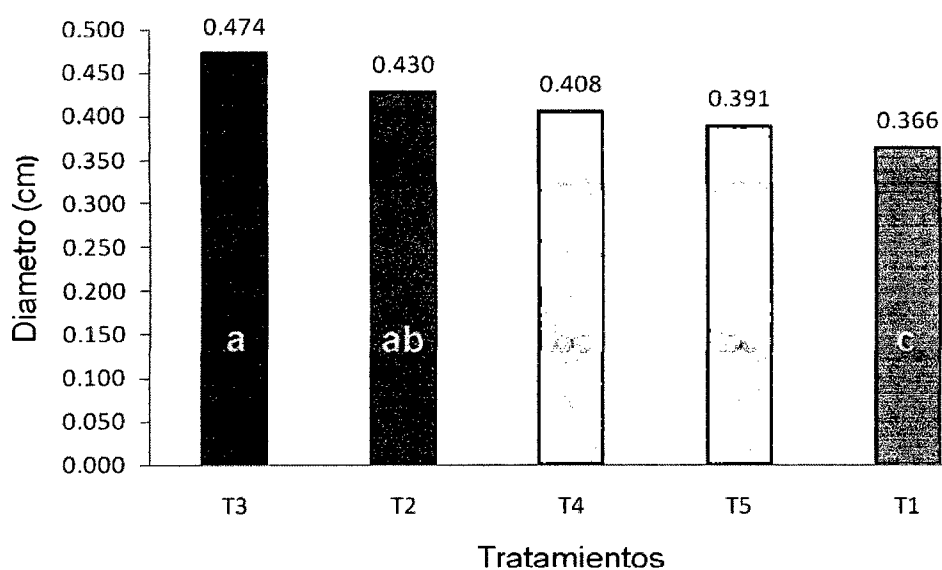


Figura 3. Prueba de Duncan para tratamientos.

De la prueba de Duncan (Cuadro 9 y Figura 3) se afirma que estadísticamente los mejores tratamientos son el T3 (0.474 cm.) y T2 (0.430 cm), por encontrarse en el primer sub grupo de tratamientos similares, que

alcanzaron los mejores desarrollos de diámetro promedio. Posiblemente el mejor crecimiento de diámetro se debe a la profundidad e incorporación de materia orgánica en estos tratamientos, ya que los efectos de la adición de materia orgánica tienden a proporcionar a un suelo de textura fina y alto contenido arcilloso, algunas de las propiedades de espacio poroso correspondientes a un suelo de textura más gruesa (KRAMER, 1989). Además, hay que considerar que el tiempo de evaluación solo fue de 03 meses.

#### 4.1.2. Influencia en la altura de guaba (*Inga edulis* Mart.)

Los resultados promedio obtenidos sobre la altura de planta, se muestran en el Cuadro 10 y Figura 4, donde se observa que en las tres evaluaciones realizadas, los mejores tratamientos fueron el T2 y T3, alcanzando en la última evaluación 18.98 cm y 18.77 cm respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (17.16 cm), T5 (16.90 cm) y T1 (14.98 cm).

Cuadro 10. Crecimiento promedio de altura (cm) por tratamientos.

Tratamientos	1ra evaluación	2da evaluación	3ra evaluación	Total Tratamientos	Promedio Tratamientos
T1	9.82	12.70	14.98	37.51	12.50
T2	12.44	16.00	18.98	47.42	15.81
T3	11.28	15.42	18.77	45.47	15.16
T4	11.50	14.65	17.16	43.31	14.44
T5	11.76	14.54	16.90	43.21	14.40
Total evaluación	56.80	73.32	86.80		
Prom. evaluación	11.36	14.66	17.36		

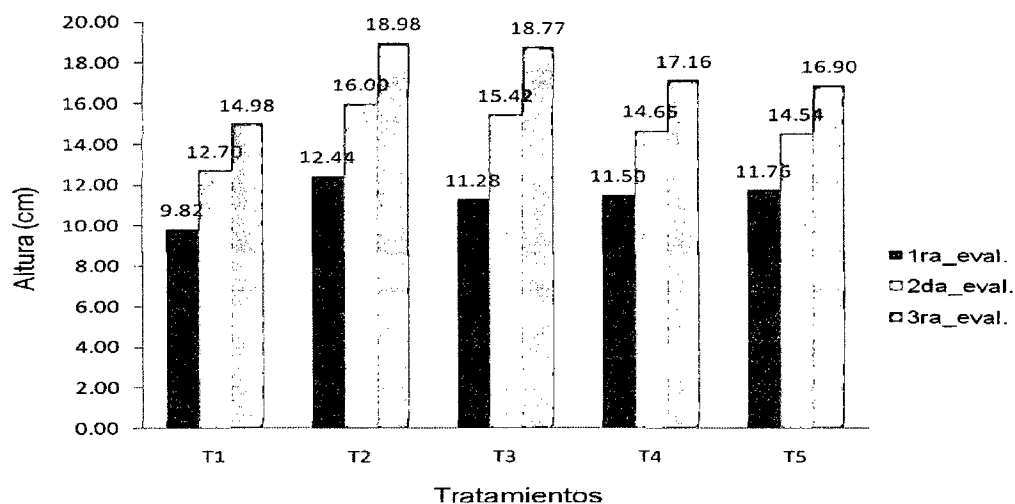


Figura 4. Crecimiento promedio de altura por tratamientos.

Los resultados hallados, son menores que los determinados por Szott (1991) citado por CATIE (1992) quien señala que sobre suelos ácidos la especie forestal *I. edulis* crece hasta 30 cm/mes en los primeros 7 meses. Asimismo, Novoa, (1992) citado por CATIE (1992) determinó en dos sistemas agroforestales, que *I. edulis*, alcanzó a los tres meses alturas promedio de 23.98 cm y 35.73 cm en cada uno de los lugares respectivamente; siendo estos resultados superiores a los que se reportan en el presente trabajo. Esto debido a la poca disponibilidad de nutrientes en estos tipos de suelos. El mayor aumento de altura en los tres meses de evaluación de campo lo obtuvieron el T3 y T2, incrementándose en 7.49 cm y 6.54 cm respectivamente. Tanto el incremento en diámetro como en altura, son inferiores a los obtenidos en áreas con características ambientales naturales, ya que en éste caso, los plantones de *I. edulis* están sometidas principalmente a las peores condiciones tanto físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales han sufrido un proceso de degradación extrema, notándose incluso en el área experimental la ausencia

común de especies heliófitas pioneras como cecropiaceas, macorilla, etc. Tal como se demuestra en el análisis de suelo (cuadro 5), muestra que es de textura arcillosa, con pH promedio de 4.25, encontrándose (Según AYRE y ROMAN, 1982) dentro del rango de extremadamente ácido, con un nivel crítico medio de, Materia orgánica (M.O.), Nitrógeno (N) y fosforo (P), y un nivel crítico bajo de Potasio ( $K_2O$ ) y una baja capacidad de intercambio catiónico (CICe). Según KRAMER (1989) los suelos de textura arcillosa encierran una elevada proporción de iones de hidrogeno, éstos son inestables en estos suelos porque reaccionan con arcillas y silicatos laminares, liberando aluminio intercambiable (FOY, 1978). En los suelos ácidos el aluminio intercambiable se encuentra en la solución suelo, de donde puede ser absorbido libremente por las plantas llegando en algunos casos a causar toxicidad en éstas (ESTRADA, 1978).

Por otro lado, el déficit de nutrientes en el área experimental, tiene consecuencias sobre el desarrollo inicial de *I. edulis*; ya que elementos como el nitrógeno se encuentra íntimamente relacionado con gran cantidad de proceso físicos, químicos y biológicos, el empleo de nitrógeno por las plantas es esencial para la fotosíntesis, crecimiento y reproducción, así como también es constituyente de la clorofila. Cuando existe una deficiencia de nitrógeno en las plantas, las hojas se ponen amarillas y la planta se retrasa en su crecimiento (FASSBENDER, 1991). Por otro lado, DINAH (2004) señala que el fósforo estimula el crecimiento pero en menor medida que el nitrógeno, estando implicado básicamente con el crecimiento de la raíz, mejorando por ende la captura de nitrógeno por las plantas. Así mismo, el potasio cumple un rol

fundamental, activando las necesidades de enzimas en la formación de proteínas, almidón, celulosa y lignina además de estar implicado en el intercambio de gas necesario para la fotosíntesis y la transformación, ya que con un buen suministro de este elemento la planta transpira menos y por ende mejora el empleo de agua (HARTMANN y KESTER, 1987). Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico, es una de las propiedades más importantes del suelo, y tiene influencia sobre una gran cantidad de características de las propiedades físicas y químicas del suelo. La baja CIC es una restricción importante en el suelo, debido a la susceptibilidad de los nutrientes móviles a la lixiviación, a partir de los perfiles (CENTURIÓN, 1986).

El ANVA (Cuadro 11), muestra que existe diferencia altamente significativa (\*\*) entre los bloques, desde la primera hasta la última evaluación; del mismo modo existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos desde la primera hasta la última evaluación.

Cuadro 11. Análisis de varianza de altura de *Inga edulis* Mart.

Fuente de Variación	G. L.	1ra_evaluacion			2da_evaluacion			3ra_evaluacion		
		C. M.	F cal	Sig.	C. M.	F cal	Sig.	C. M.	F cal	Sig.
Bloques	5	6.475	6.236	**	12.666	5.793	**	25.607	7.606	**
Tratamientos	4	5.559	5.354	**	9.348	4.276	**	15.779	4.687	**
Error	20	1.038			2.186			3.366		
Total	29									

\*\* : altamente significativo



La prueba de Duncan, al 0.05, muestra que existen dos subgrupos (a y b) de tratamientos estadísticamente similares (T2, T3, T4 y T5) y (T4, T5 y T1).

Cuadro 12. Prueba de Duncan para tratamientos sobre el crecimiento en altura.

Tratamiento	Promedios (cm)	Duncan( $p < 0.05$ )
T2	18.98	A
T3	18.77	A
T4	17.16	Ab
T5	16.90	Ab
T1	14.98	B

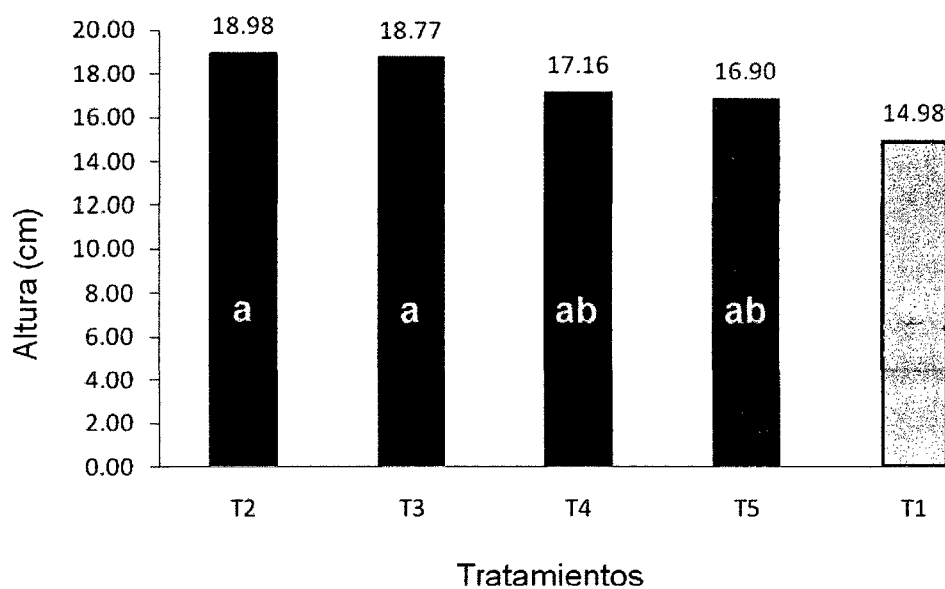


Figura 5. Prueba de Duncan para tratamientos.

De la prueba de Duncan (Cuadro 12 y Figura 5) se afirma que estadísticamente los mejores tratamientos son el T2 (18.98 cm), T3 (18.77 cm), T4 (17.16 cm) y T5 (16.90 cm), por encontrarse en el primer sub grupo de

tratamientos similares, que alcanzaron los mejores desarrollos de altura promedio. Los tratamientos T2 y T3, son numéricamente los que mejor han influenciado en el incremento de altura, al igual que en el diámetro.

#### 4.2. Determinación del efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal en el desarrollo del área foliar de guaba (*Inga edulis Mart*).

Los resultados promedio obtenidos sobre área foliar de planta, se muestran en el Cuadro 13 y Figura 6, donde se observa que los mejores tratamientos fueron el T3 y T2, con 558.638 cm<sup>2</sup> y 465.971 cm<sup>2</sup> respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (393.609 cm<sup>2</sup>), T5 (362.976cm<sup>2</sup>) y T1 (310.383 cm<sup>2</sup>).

Cuadro 13. Desarrollo promedio de área foliar por tratamientos.

Bloques	Tratamientos (cm <sup>2</sup> )					Total Bloque	Promedio Bloque
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	368.991	395.986	275.694	300.592	291.220	1632.483	326.497
II	150.925	247.579	117.075	112.460	832.117	1460.156	292.031
III	188.831	845.545	264.224	241.005	163.374	1702.980	340.596
IV	191.489	705.530	2240.380	455.573	485.507	4078.479	815.696
V	399.763	180.998	136.658	376.404	94.136	1187.959	237.592
VI	562.298	420.185	317.796	875.618	311.502	2487.399	497.480
Total Tratamiento	1862.297	2795.824	3351.828	2361.652	2177.856		
Promedio Tratamiento	310.383	465.971	558.638	393.609	362.976		

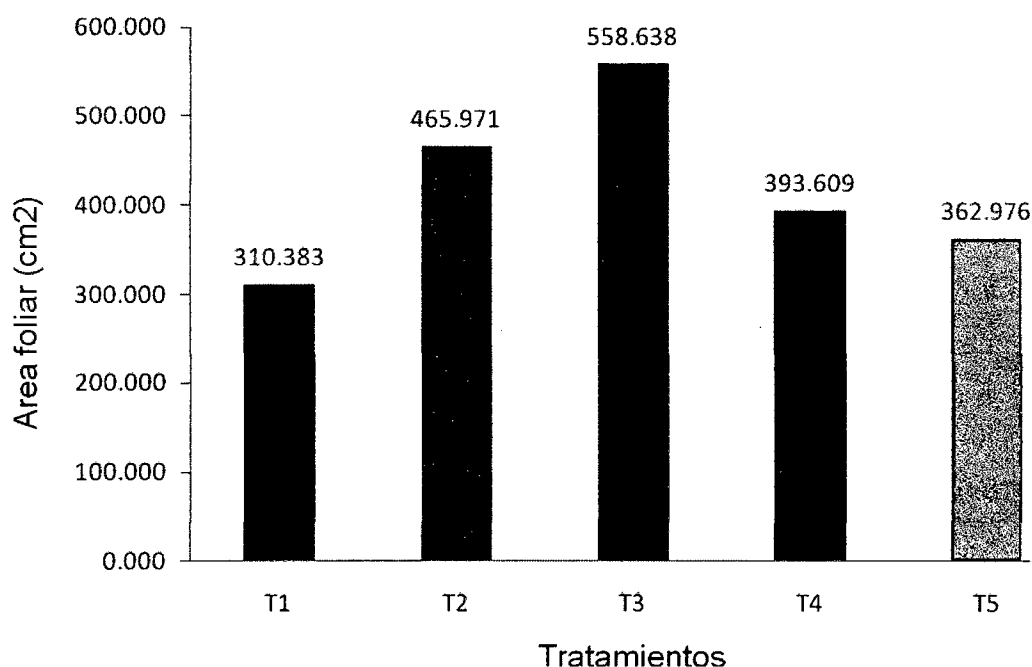


Figura 6. Desarrollo promedio de área foliar por tratamientos.

El desarrollo promedio de área foliar al igual que para las variables diámetro y altura, los mejores tratamientos resultaron el T3 y T2, desarrollándose en éstos una mayor superficie foliar. Los datos obtenidos con los tratamientos de la presente investigación, bajo las condiciones especiales del área experimental (suelos degradados por cultivos de hoja de coca), no se han podido comparar con investigaciones similares, ya que estudios sobre el desarrollo inicial de área foliar en *I. edulis* es escasa; sin embargo, los resultados obtenidos en la presente, deben servir como inicio para posteriores investigaciones en *Inga edulis*, bajo condiciones ambientales similares y/o diferentes; ya que NORKYS y DÁMASO (1999) mencionan que la determinación del área foliar de las plantas tiene gran importancia en los estudios relacionados con su crecimiento y desarrollo, dado que en las hojas se

sintetizan los carbohidratos que van a repartirse en los diferentes órganos. La capacidad de fotosíntesis de las plantas está directamente relacionada con la superficie foliar expresada como índice de área foliar. Así mismo, MUÑOZ *et al.* (2008) manifiesta que la cantidad de luz interceptada por el follaje es importante para el crecimiento de los árboles. El área foliar (AF) es considerado un buen indicador de la capacidad de la copa para absorber la radiación fotosintéticamente activa. GERARDO (2005) manifiesta que la variación en la producción de madera y biomasa puede explicarse por la variación de interceptación de la luz. La interceptación de la luz es principalmente una función de la cantidad de área foliar.

En el ANVA (Cuadro 14), se observa que no existe diferencia estadística entre bloques; del mismo modo no existe diferencia estadística entre tratamientos, esto indica que la influencia de los bloques y tratamientos sobre el desarrollo de área foliar son estadísticamente similares, aunque numéricamente si hay diferencia.

Cuadro 14. Análisis de varianza de área foliar de *Inga edulis* Mart.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G. L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>F cal</b>	<b>SIG</b>
Bloques	5	227257.93	1.314	NS
Tratamientos	4	55925.56	0.323	NS
Error	20	172940.71		
Total	29			

NS : No significativo

Debido a que no existe diferencia estadística entre los bloques y tratamientos, no se realizó una prueba de medias (prueba de Duncan al 0.05) para la variable área foliar, sin embargo los promedios muestran que existe diferencia numérica entre tratamientos, siendo superior el T3 con 558.638 cm<sup>2</sup>.

#### 4.3. Determinación del efecto de las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal, en la biomasa y el volumen radicular de guaba (*Inga edulis Mart*).

##### 4.3.1. Influencia en la biomasa de guaba (*Inga edulis Mart*).

Los resultados promedio obtenidos sobre la biomasa de plantas, se muestran en el Cuadro 15 y Figura 7, donde se observa que los mejores tratamientos fueron el T3 y T2, con 11.184 gr/planta. y 10.161 gr / planta respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (9.840 gr / planta), T1 (9.392 gr / planta) y T5 (7.759 gr / planta).

Cuadro 15. Desarrollo promedio de biomasa por tratamientos.

Bloques	Tratamientos (gr/planta)					Total Bloque	Promedio Bloque
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	7.772	7.111	7.043	6.981	7.435	<b>36.342</b>	<b>7.268</b>
II	7.770	7.589	5.086	7.226	14.881	<b>42.552</b>	<b>8.510</b>
III	5.293	15.818	9.384	7.480	4.901	<b>42.876</b>	<b>8.575</b>
IV	14.661	14.058	32.642	16.580	10.562	<b>88.503</b>	<b>17.701</b>
V	9.587	7.560	5.366	7.455	3.169	<b>33.137</b>	<b>6.627</b>
VI	11.268	8.831	7.364	13.319	5.605	<b>46.387</b>	<b>9.277</b>
Total Tratamiento	<b>56.351</b>	<b>60.967</b>	<b>66.885</b>	<b>59.041</b>	<b>46.553</b>		
Promedio Tratamiento	<b>9.392</b>	<b>10.161</b>	<b>11.148</b>	<b>9.840</b>	<b>7.759</b>		

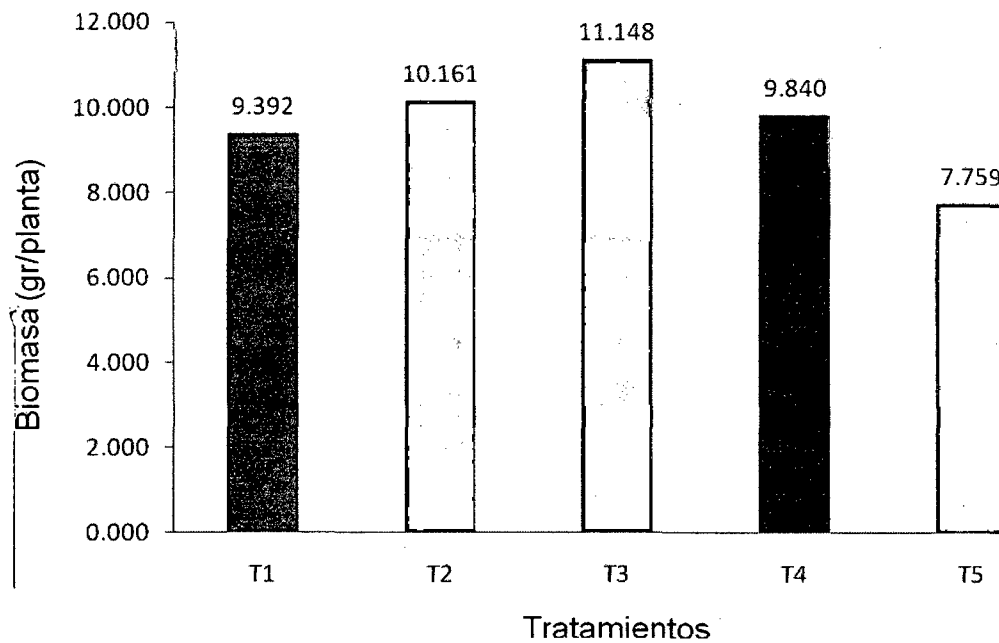


Figura 7. Desarrollo promedio de biomasa por tratamientos.

La cantidad de biomasa captada por las plantas, va a depender de diversos factores ambientales, ya que individuos que se encuentran en el dosel inferior tendrán una menor capacidad de recibir la energía necesaria para la fotosíntesis, otro de los factores que influyen en el crecimiento de las plantas son las características del suelo, ya que éste contiene generalmente múltiples organismos vivos tales como bacterias, hongos, algas, protozoos y animalillos pequeños que afectan directa e indirectamente a la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (KRAMER, 1989).

Por otro lado ICRAF s/f, menciona que la cantidad de carbono convertido en biomasa está determinada por las condiciones del suelo y clima. LAPEYRE *et al.* (2004), manifiestan que el dióxido de carbono en la atmósfera

es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis como parte del ciclo del carbono. Se asume que el 45% de la biomasa vegetal seca es carbono (ICRAF s/f).

SZOTT (1991) citado por CATIE (1992) menciona que, en investigaciones realizadas en Yurimaguas – Perú, se analizó el potencial de *Inga sp.* donde se encontró que el género produce una gran cantidad de biomasa aportable al sistema que mejora el nivel nutricional del suelo.

El ANVA (Cuadro 16), muestra que existe diferencia altamente significativa (\*\*) entre los bloques, lo que indica que los bloques son estadísticamente diferentes; por otro lado los tratamientos no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 16. Análisis de varianza de biomasa de *Inga edulis* Mart.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G. L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>F cal</b>	<b>SIG</b>
Bloques	5	82.212	3.600	**
Tratamientos	4	9.274	0.406	NS
Error	20	22.838		
<b>Total</b>	<b>29</b>			

NS : No significativo

\*\* : Altamente significativa

Debido a que no existe diferencia estadística entre los tratamientos, no se realizó una prueba de medias (prueba de Duncan al 0.05) para esta

variable, sin embargo los promedios muestran que existe diferencia numérica entre tratamientos, siendo superior el T3 con 11.148 gr / planta.

#### 4.3.2. Influencia en el volumen radicular de *guaba (Inga edulis Mart)*.

Los resultados promedio obtenidos sobre el volumen radicular de planta, se muestran en el Cuadro 17 y Figura 8, donde se observa que los mejores tratamientos fueron el T3 y T2, alcanzando 9.127 cm<sup>3</sup> y 8.556 cm<sup>3</sup> respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (7.983 cm<sup>3</sup>), T5 (7.148 cm<sup>3</sup>) y T1 (6.438 cm<sup>3</sup>).

Cuadro 17. Desarrollo promedio de volumen radicular por tratamientos.

Bloques	Tratamientos (cm <sup>3</sup> )					Total Bloque	Promedio Bloque
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	5.409	2.067	5.159	6.488	7.323	26.447	5.289
II	6.664	7.395	2.946	9.016	14.113	40.134	8.027
III	3.070	15.032	12.864	5.136	2.421	38.524	7.705
IV	7.462	12.873	21.594	16.075	10.176	68.181	13.636
V	7.166	5.521	5.900	4.436	3.975	26.997	5.399
VI	8.853	8.450	6.297	6.745	4.878	35.224	7.045
Total Tratamiento	38.625	51.339	54.760	47.897	42.885		
Promedio Tratamiento	6.438	8.556	9.127	7.983	7.148		



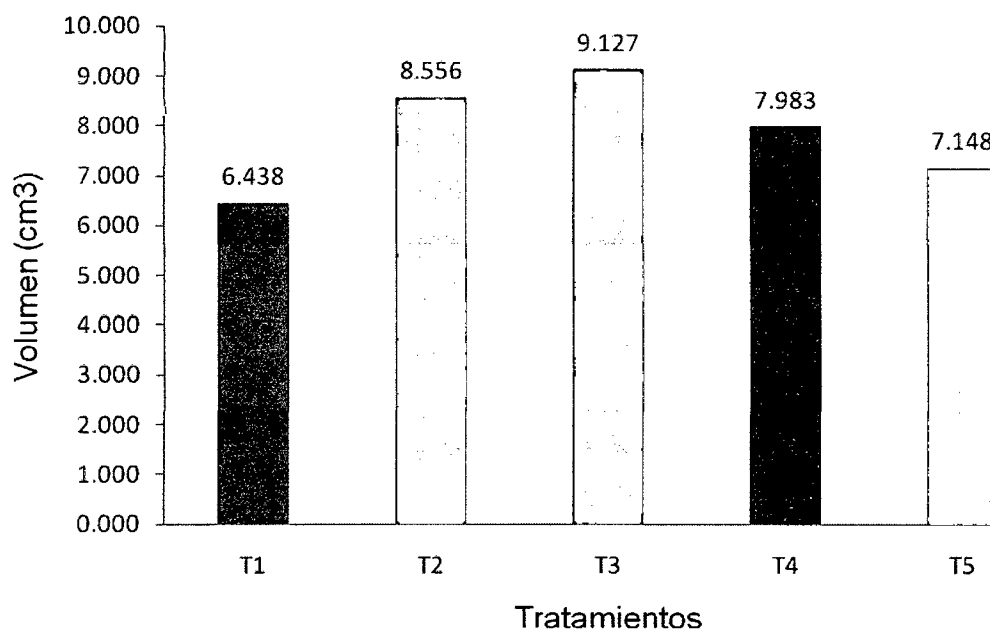


Figura 8. Desarrollo promedio de volumen radicular por tratamientos.

El crecimiento radicular principalmente se ve afectado por las características del suelo donde se desarrolla (tales como textura, estructura, contenido de materia orgánica, etc.); en el área experimental la degradación y compactación del suelo, produce una disminución de la porosidad, originando una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad. Como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por lo tanto aumenta la escorrentía, disminuyendo la infiltración de agua (LAL, 1990).

Así mismo KRAMER (1989) señala que un crecimiento reducido de las raíces, se produce cuando éstas se encuentran sometidas a condiciones ambientales desfavorables, teniendo como resultado, interferencia en sus funciones sintéticas y también de absorción. Por otro lado, Burstrom (1965) citado por KRAMER (1989) menciona que el crecimiento pujante de las raíces y

su funcionamiento como superficies absorbentes dependen de muchos factores en el ámbito de la tierra que las rodea, especialmente los que afectan a la resistencia mecánica contra la extensión de las raíces, el abastecimiento en agua, la aireación y la composición química de la disolución del suelo. En suelos de textura fina, el crecimiento de la raíz se reduce a veces por aireación deficiente.

Las características principales del suelo dependen principalmente de la textura y de la distribución por tamaño de partículas minerales, de la estructura o del modo en que están organizadas esas partículas, de la clase de minerales arcillosos presentes y del tipo y cantidad de iones intercambiables adsorbidos a ellos, y la cantidad de materia orgánica incorporada a la materia mineral (KRAMER, 1989).

El ANVA (Cuadro 18), muestra que no existe diferencia significativa entre tratamiento, por lo que no es necesario hacer la prueba de Duncan.

Cuadro 18. Análisis de varianza de volumen radicular de *Inga edulis Mart.*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G. L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>F cal</b>	<b>SIG</b>
Bloques	5	46.741	2.855	*
Tratamientos	4	6.953	0.425	NS
Error	20	16.373		
Total	29			

NS: No significativo

\* : Significante

## V. CONCLUSIONES

1. Si existe efecto en las diferentes profundidades de remoción del suelo e incorporación de biomasa vegetal en el crecimiento de guaba (*Inga edulis Mart.*) desarrollados en suelos degradados (con pH de 4.25 promedio, 3.2% materia orgánica) obteniendo los mejores resultados estadísticamente significativo en el T3 (sembrados en suelos removidos a 30 cm de profundidad e incorporación de biomasa vegetal) y T2 (sembrados en suelos removidos a 20 cm e incorporación de biomasa vegetal), obteniendo un crecimiento de 19 y 18 cm, un diámetro de 0.47 y 0.43 en un tiempo de tres meses.
2. El mayor desarrollo en diámetro se obtuvo con los tratamientos T3 (hoyos con remoción de suelos de 30 cm de profundidad) y T2 (hoyos con remoción de suelos de 20 cm de profundidad), alcanzando en la evaluación final 0.474 cm y 0.430 cm respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (hoyos con remoción de suelos de 40 cm de profundidad) con 0.408 cm, T5 (hoyos con remoción de suelos de 50 cm de profundidad) con 0.391 cm y T1 (hoyos con remoción de suelos de 10 cm de profundidad) con 0.366 cm.

3. El mayor incremento en altura se consiguió con los tratamientos T2 y T3, (18.98 cm y 18.77 cm respectivamente), seguido por los tratamientos T4, T5 y T1, con 17.16 cm, 16.90 cm y 14.98 cm respectivamente.
4. El mayor desarrollo de área foliar se dió en los tratamientos T3 y T2, con 558.638 cm<sup>2</sup> y 465.971 cm<sup>2</sup> respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (393.609 cm<sup>2</sup>), T5 (362.976cm<sup>2</sup>) y T1 (310.383 cm<sup>2</sup>); aunque estadísticamente no son significativos.
5. El mayor incremento de biomasa se consiguió con los tratamientos T3 y T2, con 11.184 y 10.161 gr/planta respectivamente, seguido por los tratamientos T4, T1 y T5 con 9.840; 9.392 y 7.759 gr/planta correspondientemente.
6. El mayor desarrollo del volumen radicular se dió en los tratamientos T3 y T2, alcanzando 9.127 cm<sup>3</sup> y 8.556 cm<sup>3</sup> respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (7.983 cm<sup>3</sup>), T5 (7.148 cm<sup>3</sup>) y T1 (6.438 cm<sup>3</sup>) respectivamente.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se debe seguir evaluando el presente trabajo a fin de observar el comportamiento de esta especie a los tratamientos realizados.
2. A fin de promover un mejor desarrollo de guaba (*Inga edulis Mart.*), en suelos degradados (por cultivos de la coca), se debe probar en trabajos futuros, el efecto de diversos abonamientos, encalados y/o, fertilización sobre esta planta, asimismo realizar los costos económicos que demandan estos trabajos.
3. Se debe realizar trabajos similares utilizando otras especies forestales a fin de evaluar que especie prospera mejor bajo estas condiciones del suelo, por ejemplo sería interesante trabajar con la familia Melastomastaceae, ya que hay tres especies de esta familia que prosperan como especies pioneras en estos tipos de suelos.

## VII. ABSTRACT

This work has been carried out on degraded soils (former coca) of Supte St. George, located 15 km from the city of Tingo Maria, Rupa Rupa district, province of Leoncio Prado, Huánuco Department, in order to evaluate the effect of different depths of soil disturbance and incorporation of plant biomass in the growth of guaba (*Inga edulis* Mart.) in degraded soils. For the present study was conducted the election and clearing land, demarcation of the land, planting and cultural practices, assessment of diameter and height of the guaba (*Inga edulis* Mart.) determination of leaf area, determination of biomass and root volume, which for statistical analysis was used to design randomized complete block. It was determined that further development in diameter was obtained with T3 treatment (soil removal holes 30 cm deep and incorporation of plant biomass) and T2 (holes with soil removal depth of 20 cm and incorporation of plant biomass) , reaching the final evaluation and 0.430 cm 0.474 cm respectively, the largest increase in height was achieved with the treatments T2 and T3 (18.98 cm and 18.77 cm respectively), was developed more leaf area with treatments T3 and T2, with 558,638 cm<sup>2</sup> and 465,971 cm<sup>2</sup> respectively, the highest increase in biomass was achieved with treatments T3 and T2, with 11.184 and 10.161 g/plant respectively, further development of the root volume was in treatments T3 and T2, reaching 9.127 cm<sup>3</sup> and 8.556 cm<sup>3</sup> respectively.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRE, O. y ROMAN, R. 1982. Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal utilizados en el trópico húmedo. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA). Serie Didáctica, Manual técnico 0.6/3.2 N° 4-92. Lima, Perú. 66 - 67pp.
- CATIE. 1992. Crecimiento inicial de Guaba Salada (*Inga densiflora* Benth), Guaba Chilillo (*Inga edulis* Mart) y Guaba Machete (*Inga spectabilis* Willd) en dos sitios de Costa Rica. Turrialba – Costa Rica. 119 p. [En línea] (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1422E/A1422E.PDF>, 25 de Abril del 2010).
- CENTURION, V. 1986. Efectos del sustrato y dolomita en la fase inicial de una plantación de Caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en suelos degradados de Tingo María. Trabajo para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales. Tingo María – Perú. 94 pág.
- DEVLIN, R. 1975. Fisiología vegetal, 1ra. Ed. Barcelona. España. 86-92 pp.
- DINAH, M. 2004. Manejo de plantas con abonos orgánicos e inorgánicos. [En línea] (<http://www.plantasyhogar.com>, 25 de Abril del 2010).
- FASSBENDER, W. 1991. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. Editorial IICA. San José - Costa Rica. 398 pág.

- GERARDO, P. 2005. Efectos del raleo y clase de copa sobre el área foliar, la distribución del crecimiento y la eficiencia del crecimiento en árboles individuales de coigüe. Tesis de Magíster en Ciencias Forestales. Concepción, Chile. Universidad de Concepción. [En línea] (<http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v48n1/art17.pdf>) Doc, 25 de Abril 2010).
- GONZALES, H. 2006. Fisiología vegetal. Manual de prácticas. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 102p.
- HARTMANN, H. y KESTER, D. 1987. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía editorial Continental, S.A., México. 760 pág.
- HURTADO y LORENZO 2002. Manejo y conservación de suelos. Fundamentos y prácticas. PRONAMACHS. Lima - Perú.
- ICRAF. s/f. Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. 22 pág.
- KRAMER, P. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Industria editorial Mexicana, Reg. N° 723. México. 533 pág.
- LAL, R. 1990. Soil erosion in the tropics. Principles and management. United States of America. Mac Graw Hill, inc. 580 pág.
- LAPEYRE. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. [En línea] (<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/341/34130206.pdf>, 23 de Marzo del 2010).



- MALDONADO, A. 2007. Efecto de enmiendas y kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en la recuperación de suelos degradados en Tingo María. Trabajo para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales. Tingo María –Perú. 50 pág.
- NORKYS, M. y DÁMASO, B. 1999. Estimación del área foliar en plantas jóvenes de níspero *Manilkara achras* Miller, sometidas a dos ambientes de luz. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Venezuela. [En línea] ([http://cdcht.ucla.edu.ve./bioagro/Rev11\(1\)/3%20Estimaci%C3%B3n%20del%20%C3%A1rea%20foliar.pdf](http://cdcht.ucla.edu.ve./bioagro/Rev11(1)/3%20Estimaci%C3%B3n%20del%20%C3%A1rea%20foliar.pdf), 23 de Marzo del 2010).
- NOVOA, O. 1992. Descripción de *Inga edulis* Mart. (guaba). Nota técnica N° 37. [En línea] (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a0008s/a0008s37.pdf>, 23 de Marzo del 2010).
- MUÑOZ, F., ESPINOSA, M., CANCINO, J., RUBILAR, M. 2008. Efecto de poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. [En línea] (<http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v29n1/art05.pdf>, 23 de Marzo del 2010).
- PIMENTEL, F. 1984. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. 160 pág.
- VARGAS, C. y VALDIVIA, L. 2005. Recuperación mediante leguminosas rastreras de suelos degradados (ex cicales) en la selva alta del Perú. Mosaico Cient. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 83 pág.

## **IX. ANEXO**

## Anexo 1. Cuadros generales de datos de campo de variables evaluadas.

Cuadro 19. Datos generales de las evaluaciones de diámetro y altura.

Bloque	Tratam.	Diámetro (cm)			altura (cm)		
		1ra_eval.	2da_eval.	3ra_eval.	1ra_eval.	2da_eval.	3ra_eval.
I	T2	0.254	0.335	0.400	12.5	14.9	17.1
		0.252	0.314	0.370	16.0	17.6	18.4
		0.312	0.410	0.580	11.5	14.4	18.5
		0.195	0.268	0.330	13.1	15.2	17.3
		0.250	0.380	0.470	16.4	17.9	19.7
	<b>PROM</b>	<b>0.253</b>	<b>0.341</b>	<b>0.430</b>	<b>13.90</b>	<b>16.00</b>	<b>18.20</b>
	T3	0.230	0.377	0.460	12.0	15.9	18.9
		0.300	0.342	0.450	12.5	16.2	20.4
		0.338	0.475	0.640	12.5	18.4	22.3
		0.296	0.376	0.440	19.0	19.4	20.6
		0.335	0.413	0.590	14.5	16.8	19.0
	<b>PROM</b>	<b>0.300</b>	<b>0.397</b>	<b>0.516</b>	<b>14.10</b>	<b>17.34</b>	<b>20.24</b>
	T4	0.260	0.293	0.350	12.0	13.7	15.6
		0.175	0.317	0.350	11.5	12.9	13.6
		0.194	0.396	0.450	15.5	18.2	20.6
0.299		0.375	0.440	6.0	9.1	11.6	
0.210		0.402	0.460	12.5	16.9	20.1	
<b>PROM</b>	<b>0.228</b>	<b>0.357</b>	<b>0.410</b>	<b>11.50</b>	<b>14.16</b>	<b>16.30</b>	
T1	0.172	0.207	0.350	13.0	15.1	16.6	
	0.241	0.404	0.560	11.5	15.2	17.5	
	0.235	0.342	0.420	8.5	11.8	14.5	
	0.192	0.285	0.330	10.0	13.5	15.2	
	0.291	0.380	0.400	10.5	11.8	13.4	
<b>PROM</b>	<b>0.226</b>	<b>0.324</b>	<b>0.412</b>	<b>10.70</b>	<b>13.48</b>	<b>15.44</b>	
T5	0.273	0.314	0.360	13.0	15.4	17.6	
	0.168	0.279	0.360	12.5	13.4	14.9	
	0.294	0.335	0.380	12.0	13.7	15.6	
	0.285	0.298	0.330	8.7	10.1	11.8	
	0.287	0.366	0.430	12.3	14.3	16.3	
<b>PROM</b>	<b>0.261</b>	<b>0.318</b>	<b>0.372</b>	<b>11.70</b>	<b>13.38</b>	<b>15.24</b>	
II	T3	0.262	0.450	0.580	11.0	12.5	13.4
		0.239	0.420	0.605	10.2	15.5	21.2
		0.242*	M	M	10.2*	M	M
		0.296	0.440	0.575	7.5	10.1	13.0
		0.243	0.357	0.440	11.3	17.2	24.5

	<b>PROM</b>	<b>0.260</b>	<b>0.417</b>	<b>0.550</b>	<b>10.00</b>	<b>13.83</b>	<b>18.03</b>
		0.320	0.337	0.400	12.5	15.9	18.6
		0.303	0.303	0.360	11.0	16.2	19.8
	<b>T4</b>	0.327*	M	M	9.5*	M	M
		0.309	0.322	0.360	9.7	11.1	12.8
		0.242	0.291	0.340	10.9	11.4	12.6
	<b>PROM</b>	<b>0.294</b>	<b>0.313</b>	<b>0.365</b>	<b>11.03</b>	<b>13.65</b>	<b>15.95</b>
		0.212	0.347	0.440	11.3	14.6	17.2
		0.243	0.371	0.460	9.6	18.5	24.0
	<b>T2</b>	0.240	0.375	0.480	11.8	15.7	25.0
		0.324	0.385	0.440	14.0	15.9	17.9
		0.250	0.360	0.490	9.3	10.6	12.2
	<b>PROM</b>	<b>0.254</b>	<b>0.368</b>	<b>0.462</b>	<b>11.20</b>	<b>15.06</b>	<b>19.26</b>
		0.241	0.341	0.435	11.5	11.9	13.1
		0.183	0.244	0.300	12.0	13.5	15.2
	<b>T5</b>	0.223	0.324	0.400	9.7	14.2	17.4
		0.222	0.331	0.410	12.4	14.3	16.2
		0.200	0.277	0.340	13.1	14.5	16.2
	<b>PROM</b>	<b>0.214</b>	<b>0.303</b>	<b>0.377</b>	<b>11.74</b>	<b>13.68</b>	<b>15.62</b>
		0.175	0.275	0.350	6.9	11.4	13.6
		0.191	0.220	0.260	9.4	9.5	10.6
	<b>T1</b>	0.140	0.160	0.250	9.3	10.6	11.8
		0.161	0.397	0.540	9.1	16.1	18.6
		0.183	0.244	0.300	9.7	14.2	17.4
	<b>PROM</b>	<b>0.170</b>	<b>0.259</b>	<b>0.340</b>	<b>8.88</b>	<b>12.36</b>	<b>14.40</b>
		0.266	0.305	0.350	9.7	11.1	12.8
		0.202	0.297	0.370	13.5	15.3	17.2
	<b>T5</b>	0.210	0.300	0.370	10.0	10.1	11.2
		0.261	0.324	0.380	12.5	16.7	19.8
		0.316	0.355	0.400	15.5	16.9	18.7
	<b>PROM</b>	<b>0.251</b>	<b>0.316</b>	<b>0.374</b>	<b>12.24</b>	<b>14.02</b>	<b>15.94</b>
		0.229	0.392	0.500	10.2	17.9	22.8
		0.258	0.300	0.440	7.8	12.0	15.1
	<b>T3</b>	0.236	0.297	0.350	11.3	11.6	12.8
		0.294	0.330	0.470	12.2	13.1	14.6
		0.205	0.309	0.370	15.6	23.9	29.0
	<b>PROM</b>	<b>0.244</b>	<b>0.326</b>	<b>0.426</b>	<b>11.42</b>	<b>15.70</b>	<b>18.86</b>
		0.200	0.357	0.460	15.6	18.5	20.9
		0.162	0.211	0.260	10.6	11.9	13.6
	<b>T2</b>	0.236	0.349	0.430	11.3	12.7	14.0
		0.301	0.330	0.370	17.8	19.4	21.2
		0.157	0.336	0.450	11.1	17.6	21.9
	<b>PROM</b>	<b>0.211</b>	<b>0.317</b>	<b>0.394</b>	<b>13.28</b>	<b>16.02</b>	<b>18.32</b>

III

		0.226	0.240	0.270	11.6	14.3	16.6
		0.187	0.296	0.460	10.2	12.7	14.9
	<b>T4</b>	0.240	0.422	0.540	13.5	21.8	27.0
		0.200	0.375	0.440	13.2	18.0	21.4
		0.238	0.292	0.360	11.4	17.5	21.6
	<b>PROM</b>	<b>0.218</b>	<b>0.325</b>	<b>0.414</b>	<b>11.98</b>	<b>16.86</b>	<b>20.30</b>
		0.243	0.261	0.340	10.3	14.6	18.2
		0.117	0.189	0.250	7.8	8.9	10.4
	<b>T1</b>	0.190	0.260	0.370	13.6	15.5	17.8
		0.168	0.286	0.360	11.6	16.1	19.4
		0.158	0.249	0.280	11.4	12.5	13.7
	<b>PROM</b>	<b>0.175</b>	<b>0.249</b>	<b>0.320</b>	<b>10.94</b>	<b>13.52</b>	<b>15.90</b>
		0.155	0.215	0.270	10.0	11.1	12.0
		0.222*	M	M	13.5*	M	M
	<b>T1</b>	0.153*	M	M	11.0*	M	M
		0.170	0.220	0.270	8.5	11.0	12.2
		0.185	0.258	0.310	14.1	16.1	17.8
	<b>PROM</b>	<b>0.170</b>	<b>0.231</b>	<b>0.283</b>	<b>10.87</b>	<b>12.73</b>	<b>14.00</b>
		0.164*	M	M	12*	M	M
		0.200	0.310	0.350	14.3	15.2	16.6
	<b>T4</b>	0.239	0.353	0.410	17.9	18.7	20.1
		0.248	0.314	0.340	12.5	14.8	16.4
		0.258	0.315	0.400	11.6	14.7	17.2
	<b>PROM</b>	<b>0.236</b>	<b>0.323</b>	<b>0.375</b>	<b>14.08</b>	<b>15.85</b>	<b>17.58</b>
		0.250	0.295	0.360	14.0	15.2	17.5
		0.262	0.358	0.450	10.1	12.0	14.5
	<b>T5</b>	0.200	0.270	0.330	10.1	12.8	15.2
		0.175	0.348	0.460	15.5	18.2	20.6
		0.261	0.315	0.390	11.1	13.5	15.5
	<b>PROM</b>	<b>0.230</b>	<b>0.317</b>	<b>0.398</b>	<b>12.16</b>	<b>14.34</b>	<b>16.66</b>
		0.247*	M	M	7.5*	M	M
		0.280	0.383	0.500	16.5	20.8	24.0
	<b>T3</b>	0.290	0.363	0.450	13.5	21.8	27.0
		0.312	0.366	0.400	9.0	11.5	13.8
		0.195	0.349	0.470	12.1	13.8	14.5
	<b>PROM</b>	<b>0.269</b>	<b>0.365</b>	<b>0.455</b>	<b>12.78</b>	<b>16.98</b>	<b>19.83</b>
		0.253	0.301	0.350	11.0	14.6	17.4
		0.386	0.488	0.560	18.2	19.8	21.6
	<b>T2</b>	0.273	0.364	0.480	11.7	14.3	16.6
		0.298	0.336	0.380	14.2	15.5	16.5
		0.238	0.331	0.450	14.0	15.0	16.2
	<b>PROM</b>	<b>0.290</b>	<b>0.364</b>	<b>0.444</b>	<b>13.82</b>	<b>15.84</b>	<b>17.66</b>
<b>V</b>	<b>T2</b>	0.292	0.321	0.360	12.5	13.8	15.4

	0.212	0.421	0.550	14.2	18.5	21.6
	0.210	0.213	0.240	11.2	11.5	13.0
	0.141	0.285	0.420	7.2	9.1	11.0
	0.318	0.424	0.505	8.8	13.6	17.0
<b>PROM</b>	<b>0.235</b>	<b>0.333</b>	<b>0.415</b>	<b>10.78</b>	<b>13.30</b>	<b>15.60</b>
	0.286	0.318	0.390	7.4	8.6	10.2
	0.286	0.297	0.350	12.8	16.4	19.2
<b>T4</b>	0.257	0.306	0.420	7.5	9.0	10.8
	0.193	0.304	0.330	11.5	13.2	15.0
	0.291	0.299	0.330	9.8	14.1	17.2
<b>PROM</b>	<b>0.263</b>	<b>0.305</b>	<b>0.364</b>	<b>9.80</b>	<b>12.26</b>	<b>14.48</b>
	0.280	0.297	0.330	11.9	12.8	13.8
	0.184	0.211	0.250	8.4	10.8	13.0
<b>T5</b>	0.156	0.242	0.380	7.4	8.0	10.0
	0.260*	M	M	14.6*	M	M
	0.264	0.271	0.300	12.5	13.2	14.6
<b>PROM</b>	<b>0.221</b>	<b>0.255</b>	<b>0.315</b>	<b>10.05</b>	<b>11.20</b>	<b>12.85</b>
	0.284	0.354	0.470	12.5	14.3	16.8
	0.241	0.299	0.330	12.7	13.0	13.8
<b>T3</b>	0.213	0.289	0.330	9.4	10.6	12.2
	0.301	0.301	0.380	11.2	13.2	15.2
	0.196	0.495	0.650	10.7	11.8	13.2
<b>PROM</b>	<b>0.247</b>	<b>0.348</b>	<b>0.432</b>	<b>11.30</b>	<b>12.58</b>	<b>14.24</b>
	0.225	0.265	0.290	6.2	12.9	17.2
	0.273	0.361	0.402	10.2	12.1	14.0
<b>T1</b>	0.154	0.235	0.360	7.2	7.2	8.2
	0.282	0.311	0.350	12.8	13.9	15.4
	0.129	0.260	0.350	5.8	11.0	14.6
<b>PROM</b>	<b>0.213</b>	<b>0.286</b>	<b>0.350</b>	<b>8.44</b>	<b>11.42</b>	<b>13.88</b>
	0.194	0.463	0.540	12.0	17.3	21.0
	0.162	0.386	0.540	7.6	13.2	17.0
<b>T4</b>	0.15*	M	M	8.4*	M	M
	0.161	0.380	0.450	11.5	13.5	15.5
	0.175	0.436	0.560	11.3	16.4	20.0
<b>PROM</b>	<b>0.173</b>	<b>0.416</b>	<b>0.523</b>	<b>10.60</b>	<b>15.10</b>	<b>18.38</b>
	0.167	0.306	0.400	8.9	11.3	13.5
	0.244	0.385	0.480	12.8	15.1	17.7
<b>T1</b>	0.236	0.339	0.450	7.8	14.3	19.5
	0.265	0.345	0.460	9.2	12.7	15.4
	0.200	0.497	0.670	6.9	10.1	15.3
<b>PROM</b>	<b>0.222</b>	<b>0.374</b>	<b>0.492</b>	<b>9.12</b>	<b>12.70</b>	<b>16.28</b>

VI

	0.358	0.488	0.560	9.8	14.3	18.5
	0.301	0.351	0.470	7.5	16.6	22.2
<b>T3</b>	0.140*	M	M	8.4*	M	M
	0.310	0.330	0.440	8.5	17.8	23.5
	0.239	0.302	0.390	6.5	15.8	21.5
<b>PROM</b>	<b>0.302</b>	<b>0.368</b>	<b>0.465</b>	<b>8.08</b>	<b>16.13</b>	<b>21.43</b>
	0.240	0.337	0.410	12.2	18.2	22.2
	0.163	0.278	0.360	11.3	13.2	15.2
<b>T2</b>	0.218	0.316	0.390	13.8	27.9	36.0
	0.300	0.463	0.570	9.3	19.8	26.0
	0.378*	M	M	14.0*	M	M
<b>PROM</b>	<b>0.230</b>	<b>0.349</b>	<b>0.433</b>	<b>11.65</b>	<b>19.78</b>	<b>24.85</b>
	0.290	0.360	0.420	15.6	17.9	20.0
	0.227	0.406	0.540	9.2	21.7	27.5
<b>T5</b>	0.300	0.357	0.460	12.1	18.7	23.0
	0.260	0.450	0.570	12.3	20.8	25.0
	0.280	0.450	0.560	14.2	24.1	30.0
<b>PROM</b>	<b>0.271</b>	<b>0.405</b>	<b>0.510</b>	<b>12.68</b>	<b>20.64</b>	<b>25.10</b>

M: Plantas muertas; \* : Datos no considerados para obtener promedio

Cuadro 20. Datos promedio de la primera evaluación del diámetro.

Bloques	Tratamientos (1ra_eval.)					Total Bloques	Promedio Bloques
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	0.226	0.253	0.300	0.228	0.261	<b>1.268</b>	<b>0.254</b>
II	0.170	0.254	0.260	0.294	0.214	<b>1.191</b>	<b>0.238</b>
III	0.175	0.211	0.244	0.218	0.251	<b>1.100</b>	<b>0.220</b>
IV	0.170	0.290	0.269	0.236	0.230	<b>1.195</b>	<b>0.239</b>
V	0.213	0.235	0.247	0.263	0.221	<b>1.178</b>	<b>0.236</b>
VI	0.222	0.230	0.302	0.173	0.271	<b>1.199</b>	<b>0.240</b>
Total Tratam.	<b>1.176</b>	<b>1.472</b>	<b>1.622</b>	<b>1.411</b>	<b>1.448</b>		
PromTratam.	<b>0.196</b>	<b>0.245</b>	<b>0.270</b>	<b>0.235</b>	<b>0.241</b>		

Cuadro 21. Datos promedio de la segunda evaluación del diámetro.

Bloques	Tratamientos (2da_eval.)					Total Bloques	Promedio Bloques
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	0.324	0.341	0.397	0.357	0.318	1.737	0.347
II	0.259	0.368	0.417	0.313	0.303	1.660	0.332
III	0.249	0.317	0.326	0.325	0.316	1.532	0.306
IV	0.231	0.364	0.365	0.323	0.317	1.600	0.320
V	0.286	0.333	0.348	0.305	0.255	1.527	0.305
VI	0.374	0.349	0.368	0.416	0.405	1.912	0.382
Total Tratam.	1.724	2.071	2.220	2.039	1.915		
PromTratam.	0.287	0.345	0.370	0.340	0.319		

Cuadro 22. Datos promedio de la tercera evaluación del diámetro.

Bloques	Tratamientos (3ra_eval.)					Total Bloques	Promedio Bloques
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	0.412	0.430	0.516	0.410	0.372	2.140	0.428
II	0.340	0.462	0.550	0.365	0.377	2.094	0.419
III	0.320	0.394	0.426	0.414	0.374	1.928	0.386
IV	0.283	0.444	0.455	0.375	0.398	1.955	0.391
V	0.350	0.415	0.432	0.364	0.315	1.876	0.375
VI	0.492	0.433	0.465	0.523	0.510	2.422	0.484
Total Tratam.	2.198	2.578	2.844	2.451	2.346		
PromTratam.	0.366	0.430	0.474	0.408	0.391		

Cuadro 23. Datos promedio de la primera evaluación de altura.

Bloques	Tratamientos (1ra_eval.)					Total Bloques	Promedio Bloques
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	10.70	13.90	14.10	11.50	11.70	<b>61.90</b>	<b>12.38</b>
II	8.88	11.20	10.00	11.03	11.74	<b>52.85</b>	<b>10.57</b>
III	10.94	13.28	11.42	11.98	12.24	<b>59.86</b>	<b>11.97</b>
IV	10.87	13.82	12.78	14.08	12.16	<b>63.70</b>	<b>12.74</b>
V	8.44	10.78	11.30	9.80	10.05	<b>50.37</b>	<b>10.07</b>
VI	9.12	11.65	8.08	10.60	12.68	<b>52.13</b>	<b>10.43</b>
Total Tratam.	<b>58.95</b>	<b>74.63</b>	<b>67.67</b>	<b>68.98</b>	<b>70.57</b>		
PromTratam.	<b>9.82</b>	<b>12.44</b>	<b>11.28</b>	<b>11.50</b>	<b>11.76</b>		



Cuadro 24. Datos promedio de la segunda evaluación de altura.

Bloques	Tratamientos (2da_eval.)					Total Bloques	Promedio Bloques
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	13.48	16.00	17.34	14.16	13.38	74.36	14.87
II	12.36	15.06	13.83	13.65	13.68	68.58	13.72
III	13.52	16.02	15.70	16.86	14.02	76.12	15.22
IV	12.73	15.84	16.98	15.85	14.34	75.74	15.15
V	11.42	13.30	12.58	12.26	11.20	60.76	12.15
VI	12.70	19.78	16.13	15.10	20.64	84.34	16.87
Total Tratam.	76.21	96.00	92.55	87.88	87.26		
PromTratam.	12.70	16.00	15.42	14.65	14.54		

Cuadro 25. Datos promedio de la tercera evaluación de altura.

Bloques	Tratamientos (3ra_eval.)					Total Bloques	Promedio Bloques
	T1	T2	T3	T4	T5		
I	15.44	18.20	20.24	16.30	15.24	85.42	17.08
II	14.40	19.26	18.03	15.95	15.62	83.26	16.65
III	15.90	18.32	18.86	20.30	15.94	89.32	17.86
IV	14.00	17.66	19.83	17.58	16.66	85.72	17.14
V	13.88	15.60	14.24	14.48	12.85	71.05	14.21
VI	16.28	24.85	21.43	18.38	25.10	106.03	21.21
Total Tratam.	89.90	113.89	112.62	102.98	101.41		
PromTratam.	14.98	18.98	18.77	17.16	16.90		

Cuadro 26. Datos generales de peso fresco y seco de plantas sacrificadas.

Bloque	Tratam.	Peso Fresco (gr)			Peso Seco (gr)		
		de hojas	de raíz	Peso Total	de hojas	de raíz	Peso Total
I	T1	6.509	5.342	16.150	2.638	2.553	7.772
I	T2	3.712	2.041	7.431	2.831	1.189	7.111
I	T3	5.395	5.095	14.243	1.971	2.844	7.043
I	T4	4.989	6.407	13.407	2.149	2.553	6.981
I	T5	6.745	7.232	17.150	2.082	3.218	7.435
II	T1	5.578	6.581	20.177	1.079	3.422	7.770
II	T2	4.096	7.303	12.446	1.770	3.276	7.589
II	T3	2.465	2.909	8.067	0.837	1.495	5.086
II	T4	0.698	8.904	12.291	0.804	3.422	7.226
II	T5	17.184	13.937	36.147	5.949	5.891	14.881
III	T1	4.109	3.032	11.502	1.350	1.968	5.293
III	T2	16.898	14.845	37.742	6.045	6.504	15.818
III	T3	5.005	12.704	21.720	1.889	5.053	9.384
III	T4	3.692	5.072	10.220	1.723	1.968	7.480
III	T5	2.676	2.391	6.323	1.168	1.357	4.901
IV	T1	5.886	7.369	20.589	1.369	2.847	14.661
IV	T2	14.273	12.713	34.873	5.044	5.445	14.058
IV	T3	43.034	21.325	79.267	16.017	10.019	32.642
IV	T4	7.037	15.875	32.771	3.257	7.369	16.580
IV	T5	9.881	10.049	24.290	3.471	4.444	10.562
V	T1	1.887	7.077	11.243	2.858	1.691	9.587
V	T2	3.346	5.452	10.427	1.294	1.834	7.560
V	T3	2.583	5.826	10.375	0.977	2.832	5.366
V	T4	7.580	4.381	18.306	2.691	1.691	7.455
V	T5	1.993	3.925	6.998	0.673	1.233	3.169
VI	T1	5.852	8.743	15.460	4.020	2.976	11.268
VI	T2	8.032	8.345	18.784	3.004	3.660	8.831
VI	T3	6.361	6.219	15.220	2.272	3.148	7.364
VI	T4	15.768	6.661	30.011	6.260	2.976	13.319
VI	T5	6.595	4.817	13.943	2.227	1.742	5.605

Cuadro 27. Análisis de suelo del área experimental.

Muestra	Análisis mecánico				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	Cambiables Cmol (+)/ Kg					% ac. Camb.	% Sat. Al	
	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						1:01	%	%	ppm	Kg/ha			Ca
M322	31	14	55	Arcilloso	4.30	5.7	0.26	10	140	4.24	0.80	2.80	1.20	9.04	55.77	44.25	30.97
M323	27	12	61	Arcilloso	4.20	1.2	0.05	9	312	2.74	0.40	2.60	1.10	6.84	45.91	54.09	38.01
M324	25	14	61	Arcilloso	4.26	2.8	0.13	9	232	4.26	0.76	2.50	1.50	9.02	55.65	44.35	27.72
Prom.	<b>27.67</b>	<b>13.33</b>	<b>59.00</b>		<b>4.25</b>	<b>3.23</b>	<b>0.15</b>	<b>9.33</b>	<b>228.00</b>	<b>3.75</b>	<b>0.65</b>	<b>2.63</b>	<b>1.27</b>	<b>8.30</b>	<b>52.44</b>	<b>47.56</b>	<b>32.23</b>

Para: % Bases Cambiables = Ca+Mg+K+Na/CICt X 100

Para: % acidez Cambiable = Al+H/CICe X 100

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos – Facultad de Agronomía. Tingo María. Septiembre – 2010.

## Anexo 2. Panel de fotografías

Figura 13. Parcelas o bloques establecidos en el área experimental.



Figura 14. Extracción al azar de plantas para su evaluación respectiva.



Figura 15. Formación de nódulos de *rizobios* en la raíz.

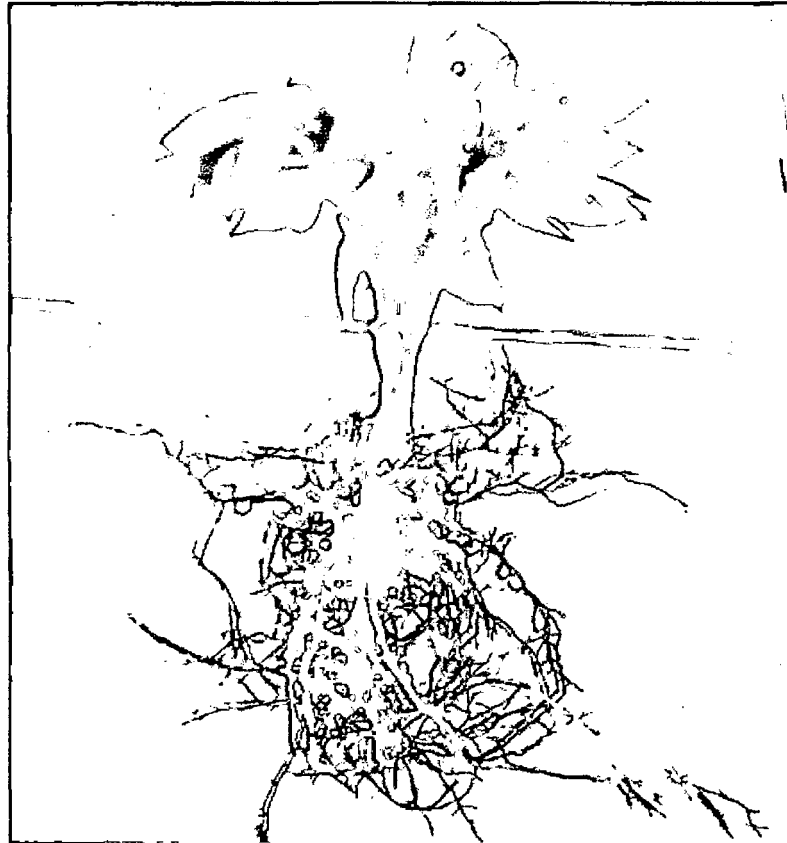


Figura 16. Evaluación de la biomasa (raíz)

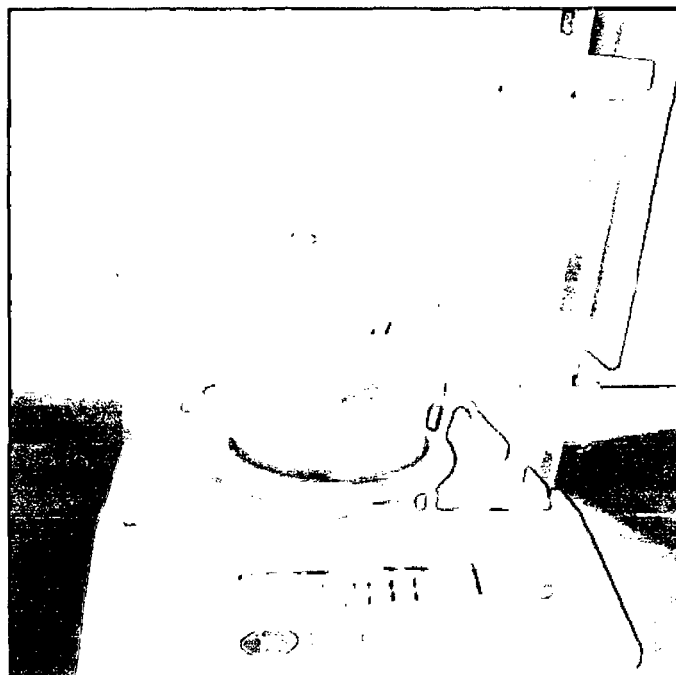


Figura 17. Puesta en estufa de plantas para determinación de peso seco.

