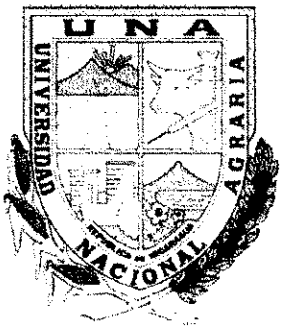
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE



TRABAJO DE DIPLOMA

Evaluación de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* bajo tres tipos de substratos en suelos degradados por la acción minera en la Mina El Limón, León.

Autor:

Andrés Agustín López

Asesores:

Ing. MSc. Guillermo Castro Marín
Ing. MSc. Benigno González Rivas

Managua, Nicaragua
Abril, 2001

INDICE GENERAL

Contenido **Pag**

INDICE GENERAL i
INDICE DE FIGURAS iii
INDICE DE CUADROS V
INDICE DE ANEXOS Vi
DEDICATORIA Vii
AGRADECIMIENTO Viii
SUMMARY iX
RESUMEN X

I. INTRODUCCION 1
Objetivos 3
Objetivo general 3
Objetivos específicos 3

II. REVISION DE LITERATURA 4
2.1 Descripción de las especies 4
2.1.1 *Gliricidia sepium* 4
Descripción, origen, distribución y Requerimientos ambientales 4
2.1.2 *Leucaena leucocephala* 5
Descripción, origen, distribución y Requerimientos ambientales 5
2.2 Algunos estudios de crecimiento realizados dentro y fuera de Nicaragua 6
2.2.1 *Gliricidia sepium* 6
2.2.2 *Leucaena leucocephala* 7

III. MATERIALES Y METODOS 9
3.1 Descripción general del sitio 9
3.1.1 Localización 9
3.1.2 Características biofísica 9
Fisiografia 9
Clima 10
Suelo 12
Vegetación 12
3.2 Descripción del diseño experimental 13
3.2.1 Tratamientos utilizados 13
3.2.2 Repeticiones, parcelas y plantas utilizadas 14
3.2.3 Diseño 15
3.3 Procedencia del material experimental 18
3.4 Actividades realizadas en el sitio para el establecimiento de la plantación 18

3.5 Manejo de la plantación 19
3.6 Variables evaluadas 19
3.6.1 Sobrevivencia 19
3.6.2 Altura total 20
3.6.3 Diámetro de cuello 20
3.6.4 Diámetro basal 20
3.6.5 Número de ejes 20
3.6.6 Suelo 20
3.7 Análisis de los datos 20

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21
4.1 Primera medición (6 meses) 21
4.1.1 Sobrevivencia 21
4.1.2 Altura 23
4.1.3 Diámetro de cuello 25
4.2 Segunda medición (12 meses) 28
4.2.1 Sobrevivencia 28
4.2.2 Altura 30
4.2.3 diámetro basal 32
4.2.4 Número de ejes 35
4.3 Cuadros resumen de las distintas variables evaluadas 38
4.4 Suelo 42

V. CONCLUSIONES 44

VI. RECOMENDACIONES 45

VII.BIBLIOGRAFIA 46

VIII. ANEXOS 48

INDICE DE FIGURAS

Fig	Título	Pag
1	Mapa de ubicación del sitio donde se estableció el ensayo.....	11
2	Diseño de bloques, parcelas y azarización de los tratamientos en la localidad, Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	16
3	Diseño de la parcela utilizada en el ensayo en la localidad, Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	17
4	Porcentajes de sobrevivencia por tratamiento , a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	21
5	Porcentajes promedios de sobrevivencia por especie, a los seis meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	22
6	Porcentajes promedios de sobrevivencia por substrato, a los seis meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	22
7	Promedios de altura por tratamiento, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	23
8	Promedios de altura por especie, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	24
9	Promedios de altura por substrato, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	25
10	Promedios de diámetro de cuello por tratamiento, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	26
11	Promedios de diámetro de cuello por especie, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	26
12	Promedios de diámetro de cuello por substrato, a los seis meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.....	27

13 Porcentajes promedios de sobrevivencia por tratamiento, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 28

14 Porcentajes promedios de sobrevivencia por especie, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 29

15 Porcentajes promedios de sobrevivencia por substratos, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 30

16 Promedios de altura por tratamiento, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 30

17 Promedios de altura por especie, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 31

18 Promedios de altura por substrato, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 32

19 Promedios de diámetro basal por tratamiento, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 33

20 Promedios de diámetro basal por especie, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 34

21 Promedios de diámetro basal por substrato, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 35

22 Promedios de ejes presentados por tratamiento, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 36

23 Promedios de ejes presentados por especie, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 36

24 Promedios de ejes presentados por substrato, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999..... 37

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Pag
1	Descripción, origen, distribución y requerimientos ambientales para la especie *Gliricidia sepium*	4
2	Descripción, origen, distribución y requerimientos ambientales para la especie *Leucaena leucocephala*	5
3	Promedios obtenidos por tratamiento a los 6 y 12 meses para las distintas variables evaluadas, localidad, Mina El Limón, León, 1999-2000	38
4	Promedios obtenidos por especie a los 6 y 12 meses para las distintas variables evaluadas, localidad, Mina El Limón, León, 1999-2000	39
5	Promedios obtenidos por substrato a los 6 y 12 meses para las distintas variables evaluadas, localidad, Mina El Limón, León, 1999-2000	39
6	Resultados del primer análisis químico del suelo estéril y los diferentes tipos de substratos, localidad Mina El Limón, León, 1999	40
7	Comparación del primer análisis químico del suelo estéril con los diferentes tratamientos después de un año, localidad Mina El Limón, León, 2000	41
8	Comparación del primer análisis físico del suelo estéril con los resultados obtenidos después de un año para los tratamientos, localidad Mina El Limón, León, 2000	43

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Pag
1	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia a los seis meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 1999	49
	Análisis de varianza para la variable altura a los seis meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 1999	49
	Análisis de varianza para la variable diámetro de cuello a los seis meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 1999	49
	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia a los doce meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 2000	49
	Análisis de varianza para la variable altura a los doce meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 2000	50
	Análisis de varianza para la variable diámetro basal a los doce meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 2000	50
	Análisis de varianza para la variable número de ejes a los doce meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 2000	50
2	Promedios de sobrevivencia, altura y diámetro de cuello por substrato a los seis meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 1999	51
	Promedios de sobrevivencia, altura, diámetro basal y número de ejes por substrato a los doce meses de establecida la plantación, localidad El Limón, Departamento de León, 2000	51
3	Formato de registro para la medición de sobrevivencia y crecimiento en parcelas de *Gliricidia sepium y Leucaena leucocephala*	52
4	Efecto de la acidez sobre la disponibilidad de nutrientes. (Fuente: Porta y Col., 1994)	53
5	Rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua (Quintana et al., 1983)	54

DEDICATORIA

A Dios por ser el que me guía en mi camino y la razón de mi vida.

A mi madre ***Lucina López Herrera*** que me dio la vida y me enseñó a luchar.

A mí apreciada abuelita ***Corina Herrera Mendoza*** que a pesar de su edad me ha cuidado durante todos estos años.

A mis tías ***Carmen*** y ***Lelys Herrera***, por darme su apoyo y su cariño.

A mis hermanos ***Augusto***, ***Pablo***, ***Lucila***, ***Francisca*** y ***Aldo López***.

A mis primos, compañeros y amigos que me han apoyado moralmente.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimiento:

A la empresa Minera **TRITON S.A**. que a través del Ing. Leonel Silva apoyaron económicamente en el estudio.

A los ingenieros Benigno González Rivas y Guillermo Castro Marín por su asesoría y por compartir sus conocimientos en la realización del estudio.

Quiero agradecer especialmente a la ***Lic. Idalia Casco*** jefe del departamento de beca de la UNA, por brindarme su apoyo durante la realización del estudio.

A Fernando Mendoza y Ninoska Moreno quienes me brindaron su ayuda.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA por formarme como profesional y que siga proyectándose y formando mejores profesionales en el futuro.

SUMMARY

This study was carried out in the dam of colas, Mina El Limón, municipal of Malpaisillo of León. The objective was to evaluate the adaptability and influence of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* in degraded soil for the mining activity during one year.

The experimental design used in the trial was of bock at ramdow (BCA) with two factors, type of species (*Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala)* and type of substrates (manure 100% vegetative soil 100% and manure 50% with vegetative soil 50%); evaluated in four repetitions the space used was of 2x2 meters between plants and 4 meters between blocks. Evaluated surviving and growth percentages (height, diameter of the soil level, diameter of the base and numbers of axis), and chemical analysis and physics of soil done to zero and one year.

The analysis of variant done to the variables (surviving, height, diameter of the soil lese, diameter basal, and numbers of axis), it was not found significative statistical differences among treat meets to a significative lese of 95% the soil lese and number of axis it was found significative statistical difference talking of species, the best results were observed in the species *Gliricidia sepium* with 6.69 cm and 5 respectively. In the chemical analysis done in the soil it was found in T5 (*Leucaena leucocephala* with vegetative soil 100%) the best results However in the physical analysis not changes were found in the texture of the soil (frank fine).

The highest percentage average of surviving in the six and twelve months of established the area planted with 99 and 98% the specie Leucaena leucocephala obtained it

The highest average of height in the sixth months.*of established the area planted was in the Leucaena* with 2.85 m, however with *Gliricidia sepium* was obtained the height of 4.20 meter basal (6.4 cm) and height (2.95 and 4.4 meters) at the six and twelve months for the species under study.

The influence in the species in the soil was minimum due to the short time of the evaluation.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las presas de colas, Mina El Limón, municipio de Malpaisillo del departamento de León. El objetivo fue evaluar la adaptabilidad e influencia de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* en suelos degradados por la actividad minera durante un período de un año.

El diseño experimental utilizado en el ensayo fue de bloques completos al azar (BCA), con dos factores, tipo de especie (*Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*) y tipo de substrato (estiércol 100%, tierra vegetal 100% y estiércol 50% + tierra vegetal 50%); evaluados en 4 repeticiones. El espaciamiento fue de 2x2 m entre plantas y 4m entre bloques. Se evalúo el porcentaje de sobrevivencia, crecimiento (altura, diámetro de cuello, diámetro basal y número de ejes) y un análisis químico y físico del suelo realizado a cero y un año.

El análisis de varianza realizado a las variables (sobrevivencia, altura, diámetro de cuello, diámetro basal y número de ejes), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a un nivel de significancia del 95%, el diámetro basal y número de eje, se encontró diferencias estadísticas significativas en cuanto a especie, presentando los mejores resultados la especie *Gliricidia sepium* con 6.69 cm y 5 respectivamente. El análisis químico realizado al suelo encontró que el T5 (leucaena con tierra vegetal 100%) obtuvo los mejores resultado, en cambio en el análisis físico no se presentó cambios en la textura del suelo (franco limoso).

Los mayores porcentajes promedios de sobrevivencia a los seis y doce meses de establecida la plantación con 99 y 98%, lo obtuvo la especie *Leucaena leucocephala*.

El mayor promedio en altura a los seis meses de establecida lo presentó *Leucaena leucocephala* con 2.85m, en cambio *Gliricidia sepium* obtuvo el más alto promedio a los doce meses con 4.20m.

El substrato estiércol mostró los valores promedios más altos para las variables diámetro de cuello (4.65), diámetro basal (6.4 cm) y altura (2.95 y 4.4 m) a los seis y doce meses, para las especies estudiadas.

La influencia de las especies en el suelo fueron mínimas, debido al corto tiempo en que fueron evaluadas.

I INTRODUCCION

La protección del medio ambiente es un tema de interés nacional y mundial de todos los organismos gubernamentales y no gubernamentales. Para ellos se han firmado tratados en los que todos los componentes productivos, industriales, etc. incorporen a sus planes estrategias y actividades con este fin.

Anteriormente durante la explotación minera, la pulpa que contenía una porción sólida de roca estéril y otra porción liquida de aproximadamente 30% generada por el proceso del beneficio del oro se depositaban en las viejas presas de colas (área para almacenar sustancias originadas por el beneficio del oro), se trasladaba hacia las presas en canales abiertos que representaban mucho peligro de contaminación para el suelo y agua existentes en la zona.

El consorcio del distrito minero de EL Limón unido a este cometido ha venido realizando medidas de seguridad en el manejo de desechos contaminantes como el cianuro y otras sustancias que deben ser manejadas con estricto cuidado.

A pesar del manejo de residuos las condiciones ecológicas son afectadas, el suelo, el agua, el aire causando un impacto ambiental en la vegetación, en la fauna y en la calidad de vida de la comunidad. Además la vegetación de la zona ha sido degradada por la tala indiscriminada de dueños de fincas, los incendios con el propósito de establecer pastizales.

Antes esta situación ambiental, el presente estudio está dirigido a proteger y recuperar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de las presas de cola. Las especies que utilizamos en dicho estudio son: *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, estas especies ayudan a la protección del suelo reduciendo la erosión, fijando nitrógeno al suelo, también ayuda a mejorar la estética del paisaje.

La realización del estudio tiene gran importancia ecológica, económica y política; ecológica por que ayuda a la protección y recuperación del suelo y la vegetación, económica por que servirá de referencia para el establecimiento y planificación de un buen y exitoso proyecto de reforestación, y política por que permitirá a la empresa minera seguir con las actividades de extracción del oro en las minas.

OBJETIVOS

General

Evaluar la sobrevivencia y crecimiento de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* bajo tres tipos de substratos en suelos degradados por la actividad minera durante un período de un año.

Específicos

- Evaluar la sobrevivencia y crecimiento de las especies estudiadas.

- Evaluar los diferentes substratos sobre los índices de sobrevivencia y crecimiento de las especies forestales.

- Estudiar los cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos producto de la presencia de los arboles.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción de las especies

2.1.1 Gliricidia sepium

Cuadro 1: Descripción, origen, distribución y requerimientos ambientales para la especie *Gliricidia sepium.*

Descripción botánica	Origen	Distribución
- Familia Leguminoceae - Caducifolio con altura de 10-15 m y diámetros menores de 40 cm. - La forma del árbol es variada recto o torcido y muy ramificado. - La flor se presenta en racimos. - El fruto es una leguminosa dehiscente. - La madera es dura y pesada.	- Es nativa de las zonas de México y América Central, con una estación seca definida. - Se presenta en rodales naturales en Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y panamá.	- Introducida en muchas zonas tropicales y naturalizada en el norte de América del sur, hasta Brasil, en el oeste de Africa, India, Sudeste de Asia. (CATIE, 1991)

Requerimientos ambientales	
Factores climáticos	Factores edáficos
- En su ámbito de distribución normal prevalece en un clima subhúmedo con precipitaciones de 500 a 1500 mm 5 meses de períodos secos. - Rangos de temperaturas de 22 a 30°c. - Fuera de su ámbito natural ha respondido exitosamente a precipitaciones de 785 a 3500 mm anuales con estación seca definida.	- Tolera una gran variedad de suelos, inclusive crece bien en suelos calcáreos, menos aquellos con mal drenaje hídrico. - Tolera un pH entre 5.5 y 7; también se reportan crecimientos en suelos ácidos con pH de 4 a 5. - La fertilidad natural no es un factor limitante, inclusive se le encuentra en suelos rocosos sin estrato definidos. - No crece bien en suelos con poca restricción de humedad, aparentemente su crecimiento se ve afectado en sitios con 8 mese con déficit hídrico.

2.1.2 *Leucaena leucocephala*

Cuadro 2: Descripción, origen, distribución y requerimientos ambientales para la especie *Leucaena leucocephala.*

Descripción botánica	Origen	Distribución
-Familia Leguminoceae - Es perenne con altura de 20m. - El fuste usualmente torcido con bifurcaciones a diferentes alturas. - Flores pequeñas en forme de mota blanca. - El fruto es una vaina dehiscente.	- Es originaria de América tropical desde el sur de México(en la Península de Yucatán) hasta Nicaragua, incluyendo Guatemala, honduras y El Salvador.	- Introducidas en Filipinas y en islas del Pacifico como Indonesia, Malasia, Papua, Nueva Guinea y el Sudeste de Asia. - En la actualidad se encuentra en la mayoría de los países tropicales y subtropicales. (CATIE, 1991)
Requerimientos ambientales		
Factores climáticos	Factores edáficos	
-Se adapta a una serie de climas bastantes variables. - Se encuentra en tierras bajas, casi desde el nivel del mar hasta los 800 a 900 msnm. -Sus rangos de temperatura van de 22 a 30°C, estas corresponden a las zonas bajas de los países C.A. -No se recomienda plantar arriba de los 900 a 1000 msnm.	- Tolera una variedad de suelos, menos aquellos mal drenados o compactados. - Crece bien en suelos con pH de 6.5 a 7.5, no se recomienda plantar en suelos con pH inferior a 5.5. - Por ser una especie fijadora de nitrógeno a través del desarrollo de nódulos y a la formación de Micorrizas, le permite una buena adaptación a suelos con factores limitantes, principalmente en aspectos de nutrición y disponibilidad de agua.	

2.2 Algunos estudios de crecimiento realizados dentro y fuera de Nicaragua.

2.2.1 Gliricidia sepium

Para el análisis de los datos crecimiento de *Gliricidia sepium* se cuenta con los correspondientes a 26 sitios, siendo esta la especie nativa que cuenta con más información. La sobrevivencia esta en los rangos de 70 a 93%, con la excepción de un sitio con 50%. Los incrementos medios anuales en altura fluctúan entre 0.4 y 1.8 m/año y el diámetro de 1 a 2.4 cm/año. El mejor crecimiento se obtuvo en el sitio el Gurú departamento de León donde obtuvo a los 3.6 años una altura de 6.4 m y un diámetro de 7.7 cm.

El menor crecimiento en altura se obtuvo en el sitio El Valle Sebaco donde la especie a los 4.9 años solamente alcanzo 2.2 m correspondiente a un IMA de 0.4 m/año, este crecimiento bajo, llevo a pensar que el sitio ciertamente no era apropiado para la especie, ya que en otros sitios los incrementos en altura estuvieron en el rango de 1 a 1.8 m/año. Los menores crecimientos en diámetros correspondieron a los sitios de Amparo y El Valle Sebaco con 1 y 1.1 cm/año y los mayores entre 2.2 y 2.4 cm/año. (MARENA, 1995)

En otro estudio realizado en Nicaragua a los 6 meses de establecidos por Calero F.1992 en procedencias y familias de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud de México, América Central y Panamá, donde los mejores resultados en altura y diámetro basal tomado a 5 cm sobre la base del árbol lo obtuvieron las procedencias de Masaguara y Vado Hondo, al obtener alturas de 2.88 y 2.86 m y diámetros de 4.32 y 4.42 respectivamente; en cambio las procedencias de Pedasí obtuvieron mayor número de ejes con 7.

Un estudio de crecimiento realizado en Deazucar, Nicaragua, bajo diferentes espaciamiento con una altitud de 70 msnm; Temperatura media anual 27.7°C; precipitación media anual 1131 mm; 7 meses de déficit hídrico; bosque seco tropical; Presentó a un espaciamiento 2x2 m a los 7, 19 y 32 meses alturas de 1.1, 2.6 y 4.1 m respectivamente, también presentó a los 32 meses una sobrevivencia de 98%, un dap de 1.7 cm y 1.9 número de ejes por árbol. En este mismo lugar se realizo otro estudio de crecimiento para varias edades, según el tipo de plántulas en donde las plantas establecidas en bolsas obtuvieron a los 7 y 32 meses alturas de 0.9 m y 3.7 m respectivamente, también se obtuvo una sobrevivencia de 100% a los 7 meses y un dap a los 32 meses de 3.2 cm (CATIE, 1991).

2.2.2 Leucaena leucocephala

Para la especie *Leucaena leucocephala* se cuenta con datos de crecimiento correspondiente a 22 sitios plantado a diferentes espaciamiento. Los mejores crecimiento corresponden a los sitios El Gurú, León y Colonia Eugenio Pérez (León). El Gurú alcanzo 10.8 m de altura y 9.3 cm de dap a los 4.6 años de edad. Así mismo en la Colonia Pérez a los 2.6 años obtuvo 6.9 m de altura y 5.5 cm de diámetro con el mayor IMA en altura y diámetros de todos los registros en esta investigación.

Por otra parte, la sobrevivencia en el sitio El Gurú fue de 100% contraria a la registrada para la estación experimental Sebaco; para los 22 sitios experimentales el rango de incremento medio anual en altura fue de 1 a 2.7 m y en diámetro a la altura del pecho de 0.9 a 2.1 cm. (MARENA, 1996)

En otro estudio realizado en Nicaragua, en el que se evaluaron 11 especies y 24 variedades de leucaena a los 12 y 18 meses de establecidas, en 4 sitios, se obtuvo el mejor resultado en el sitio El Plantel (Managua); obteniendo una altura de 2.26 m, diámetro basal de 2.62 cm y numero de ramas con 5, contrario con lo

ocurrido en el sitio de Diriamba que obtuvo una altura de 0.66 m, diámetro basal de 0.48 cm y numero de ramas con 4. (Membreño J, 1996)

En un estudio de crecimiento realizado en Panamá, en el sitio Loma Larga, Los Santos caracterizado por un pH de 6.2 y sin compactación, la especie plantada a 2x2 m, alcanzo a los 2.5 años una altura total de 6.2 m y 4.2 cm en dap. (CATIE, 1991)

Se ha detectado que la especie, aunque plantada en suelos alcalinos (pH 8.1), no responde positivamente si el contenido de fósforo es deficiente. En filipinas se observo que a los 7 años, leucaena alcanzaba hasta 7 m de altura y 6.8 cm en dap en suelos con pH 5.6 y 6.3 mientras que en suelos con pH 8 la altura era de 1.6 m y el dap de 0.8 cm, esto por el bajo contenido de fósforo en el suelo alcalino. (CATIE, 1991)

Otro estudio de crecimiento realizado en suelos con bajos pH se reportaron buenos crecimientos (arboles de 10.9 m de altura en 2 años) en suelo con pH 5.8; en la misma área en suelos con pH de 4.4 crecieron hasta 1.9 m. Esto se ha asociado con el gradiente de fertilidad que también afecto la concentración de rizobio en el suelo. (Pound y Martínez, 1985).

En general los estudios de adaptación que se han realizado con las especies en los países tropicales, han mostrado que la adaptación de estas a diferentes tipos de suelo ocurre siempre y cuando no haya limitaciones en drenaje, que no sean suelos compactados, ni ácidos. Los mejores resultados se han obtenido en suelos moderadamente ácidos(pH 6.5) a moderadamente alcalinos (pH 7.5). Se ha observado que cuando las condiciones de clima y suelo son favorables, la especie ha mostrado rendimientos aceptables aún en suelos con pH ácidos, como ocurrió en la Garita de Alajuela, Costa Rica; donde en suelos con un pH de 5.2 a los 4 años, la especie alcanzo 11 m de altura y 9 cm de dap plantada a 1600 arb/ha. (CATIE, 1991)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción general del sitio

3.1.1 Localización

El presente trabajo esta ubicado en la localidad minera El Limón, municipio de Malpaisillo, departamento de León; aproximadamente a 27 Km del kilómetro 119 de la carretera Telica - San Isidro, bajo las coordenadas geográficas 12° 40´ latitud norte y 86° 34´ longitud oeste (fig. 1).

3.1.2 Características biofísicas

Fisiografía

Según la clasificación fisiográfica del país efectuada por catastro y recursos naturales en la región II, la mina El Limón se encuentra ubicada en la provincia de la depresión nicaragüense, esta presenta un potencial diversificado de tierras de vocación agrícola, pecuaria y forestal, dado la variedad de su litología que ha originado suelos en su mayoría haploidisales (Vertisoles), mollisoles y litosoles. También presenta el mayor potencial hidrológico de la región, cruzada por los ríos Estero Real, Villanueva, Negro, Guasaule, Sinecapa y Viejo, que presentan alternativas de irrigación (Minera de Occidente S.A., 1997).

Clima

El sitio presenta una elevación de 92.28 msnm con una temperatura media anual de 27°C durante los periodos lluviosos y hasta 40°C durante los periodos secos. La precipitación promedio anual varía de 900 a 1100 mm, el período de lluvia inicia en mayo y finaliza en noviembre, siendo el resto del año totalmente seco.

El transcurso pluvial relativo muestra una disminución de las lluvias durante los meses de julio a agosto. La humedad relativa varía entre 80 a casi 100% durante el período de lluvias bajando hasta un 60% durante el período seco.

Según las zonas de vida de Holdridge la Mina El Limón se encuentra en la zona de vida de Bosque Seco Tropical (Minera de Occidente S.A., 1997).

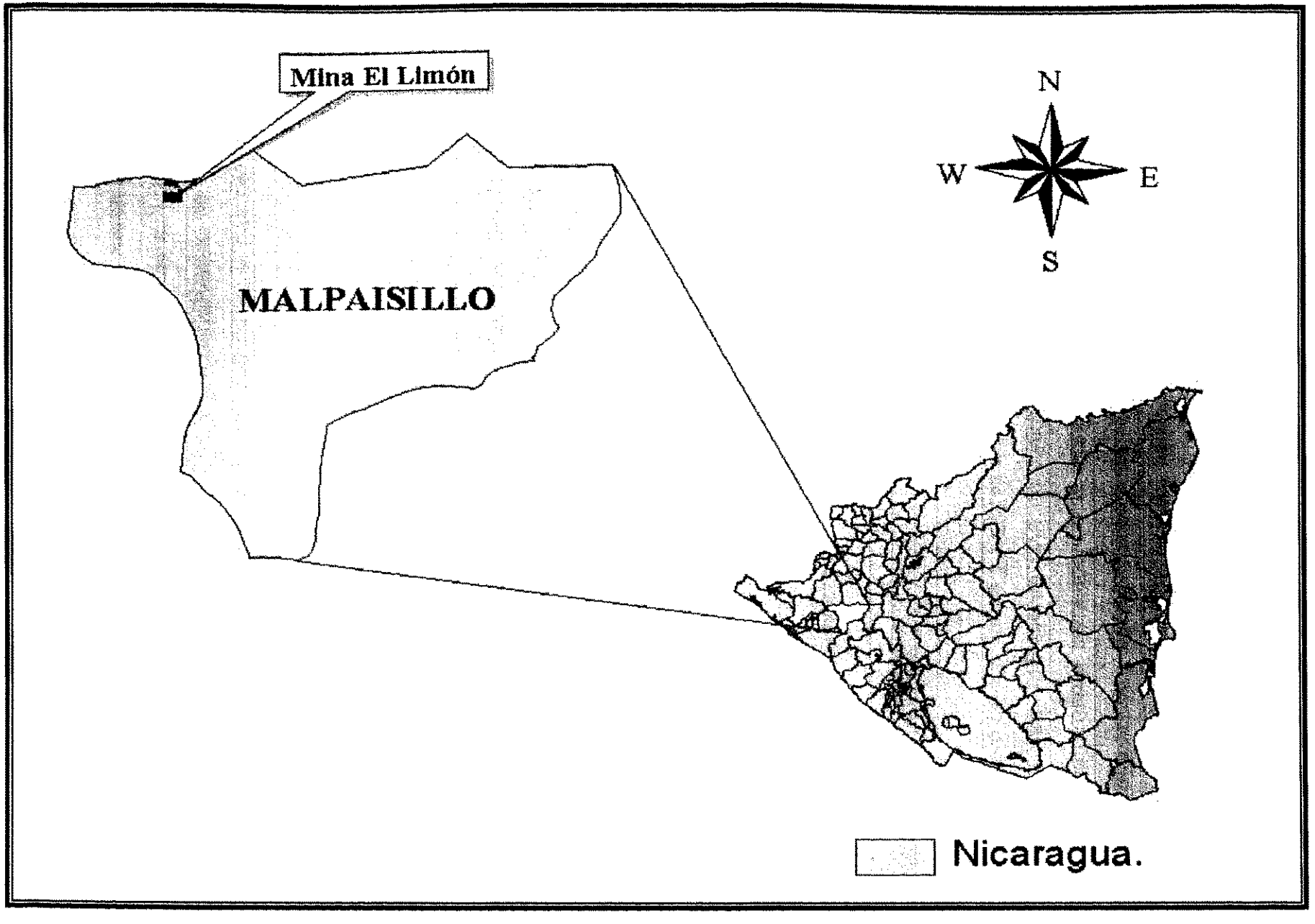


Figura 1: Mapa de ubicación del sitio donde se estableció el ensayo Suelo

Suelo

Según los resultados de campo en el área de El Limón se observaron suelos pesados, oscuros y sin presentar diferencia entre los horizontes a 1.3 m de profundidad. Según un estudio realizado en 1984 sobre clasificación de suelos en el pacífico, estos suelos corresponden al orden mollisoles, el suscrito con cuerda con esto ya que presenta características químicas y físicas que permiten clasificar el suelo en este orden (Minera de Occidente S.A., 1997).

Vegetación

El área se encuentra en la región ecológica I (0-500 msnm) abarcando las formaciones forestales de Bosques bajos o medianos Caducifolio de zonas cálidas y secas (Salas, 1993).

Bosque Caducifolio del pacífico

Estos bosques, como su nombre lo indica, botan sus hojas durante la estación seca, tanto mas temprano Y prolongadamente, cuanto más severa se presente dicha estación en la localidad (Minera de Occidente S.A., 1997).

Bosques matorraloso

Este bosque es propio de los llanos y lugares donde la precipitación pluvial es *Inferior a los 1200 mm, representa una comunidad degenerada, que crece entre* lugares antiguamente sometidos a la acción del ganado y del fuego *calcinador* de pastos secos y donde el manto de minerales y material orgánico *se ha* empobrecido (Minera de Occidente S.A., 1997).

Comunidades de sabana

Esta comunidad se localizan principalmente en lugares donde la estación seca se prolonga por seis o siete meses durante los cuales se practican quemas sobre las hierbas secas, evitando así la ocupación de matorrales y arbustos que con el tiempo pueden regenerar el bosque (Minera de Occidente S.A., 1997).

3.2 Descripción del diseño experimental

El ensayo experimental fue establecido en marzo de 1999 en las presas de colas; estas eran áreas donde se almacenaban todas las sustancias provenientes de las minas, aquí se daba la deposición de la pulpa que se originaba de las moliendas de las rocas andesitas y cuarzo, esta pulpa contenía un 70% de porción sólida y un 30% de porción liquida que se encontraba mezclada con cianuro.

Las presas de colas eran afectadas por inundaciones durante las lluvias provocando desniveles y cárcavas que formaban pendientes de 2-3%.

3.2.1 Tratamientos utilizados

El ensayo fue establecido en un diseño experimental en Bloques Completos Aleatorios con dos factores. Los factores a evaluar son especies y tipo de substratos.

Los niveles del factor especie son:

- Madero negro *(Gliricidia sepium)*
- Leucaena *(Leucaena leucocephala)*

Los niveles del factor substrato son:

- Estiércol (100%)
- Tierra vegetal (100%)
- Tierra vegetal (50%) y estiércol (50%)

La aplicación de los substratos se realizaron a igual volumen, pero con pesos diferentes, debido a que los substratos diferían en densidad. Las cantidades suministradas fueron: estiércol (1.15 Kg), tierra vegetal (6.054 Kg) y 2.24 Kg para el substrato combinado a igual proporción.

Un total de seis tratamientos fueron analizados en cuatro bloques completos aleatorios:

- T1: *Gliricidia sepium* con estiércol (100%)
- T2: *Gliricidia sepium* con tierra vegetal (100%)
- T3: *Gliricidia sepium* con tierra vegetal (50%) y estiércol (50%)
- T4: *Leucaena leucocephala* con estiércol (100%)
- T5: *Leucaena leucocephala* con tierra vegetal (100%)
- T6: *Leucaena leucocephala* con tierra vegetal (50%) y estiércol (50%)

3.2.2 Repeticiones, parcelas y plantas utilizadas

Se establecieron 4 bloques compuestos por 6 parcelas cada uno para un total de 24 parcelas en un área de 5340 m^2 incluyendo caminos entre bloques o repeticiones (fig. 2). El área total de cada parcela es de 196 m^2 compuesta por 49 árboles, con un espaciamiento entre arboles de 2x2 m. La parcela útil tiene un área de 36 m^2, con un total de 9 árboles (r figura 3).

En el ensayo se utilizo un total de 1176 plantas distribuidas equitativamente en ambas especies.

3.2.3 Diseño

Yijk = μ + α**i** + β**j** + (α β)**ij** + **Pk** + **E ijk** donde:

i = 1,2,3.....a.....niveles del factor especie.

j = 1,2,3.....b.....niveles del factor Substrato.

k = 1,2,3.....r.....repeticiones o bloques.

Yijk = La k – ésima observación del ij- ésimo tratamiento

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

α**i** = Efecto del i – ésimo nivel del factor especie, a estimar a partir de los datos del experimento.

β**j** = Efecto debido al j-ésimo nivel del factor Substrato, a estimar a partir de los datos del experimento.

($\alpha\beta$)**ij** = Efecto de interacción entre los factores especie y Substrato.

Pk = Efecto del k-ésimo bloque.

Eijk = Efecto aleatorio de variación (Pedroza, 1993).

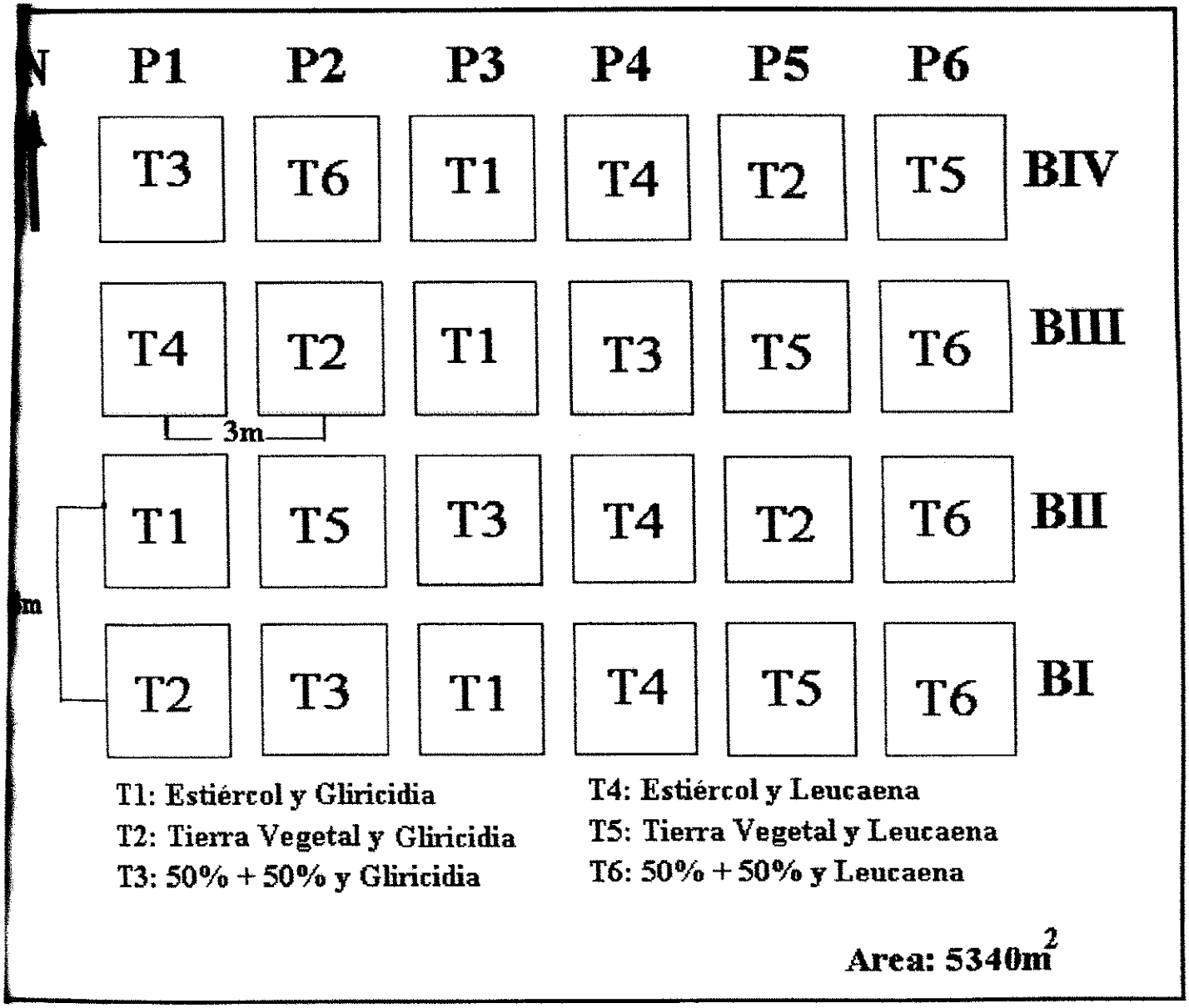


Figura 2: Diseño de bloques, parcelas y azarización de los tratamientos en la localidad Mina El Limón, departamento de León, 1999.

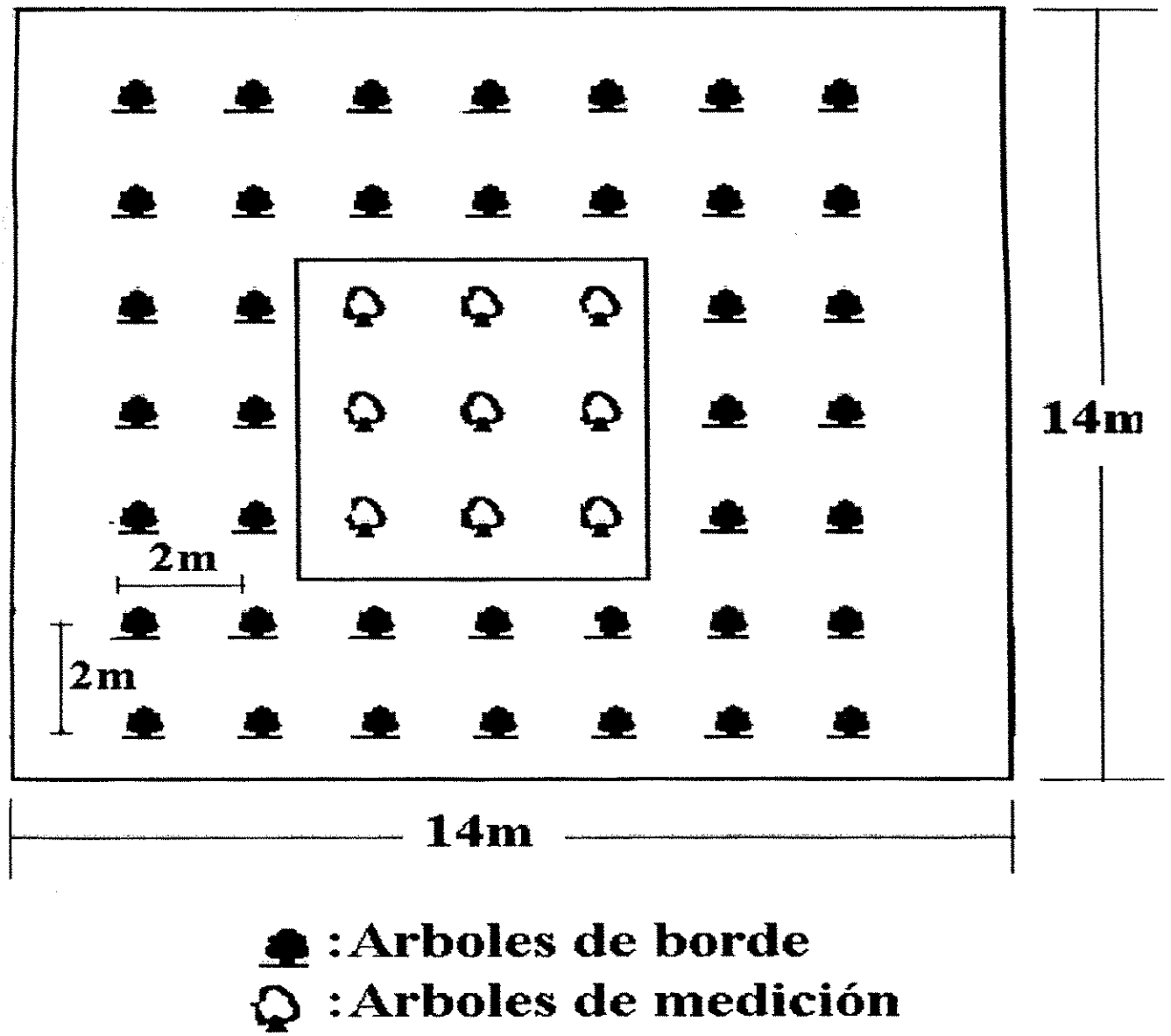


Figura 3: Diseño de la parcela utilizada en el ensayo en la localidad de la Mina El Limón, departamento de León, 1999.

3.3 Procedencia del material experimental

El material vegetativo se obtuvo en el vivero municipal de Malpaisillo. Durante su estancia en el mismo se les práctico una poda foliar a una altura de 30 cm.

Substrato

Tierra vegetal: Esta fue extraída de áreas de uso agrícola de la localidad Mina El Limón.

Estiércol: Este procedió del ganado existente en la misma localidad Mina El Limón

3.4 Actividades realizadas en el sitio de estudio para el establecimiento de la plantación.

Se realizaron dos pases con arado de bueyes para descompactar el suelo y evitar sea un factor limitante en la sobrevivencia y desarrollo de la especie; Durante la realización de esta actividad se incorporo estiércol para ayudar al suelo y homogenizar el área de estudio, seguidamente se realizo un banqueado con banco de madera para evitar abultamientos de tierra y cárcavas que impidan el libre escurrimiento del agua. Posteriormente se realizó el establecimiento de los bloques y las parcelas siguiendo un rumbo de 40° NE, junto a la misma se marcó los puntos donde se realizaría el ahoyado, también se instaló una tubería de agua, que fue utilizada para el riego de la plantación; luego se hizo el ahoyado y plantado con la incorporación de los distintos substratos.

3.5 Manejo realizado a la plantación

Una vez establecida la plantación se aplicó riego durante los dos primeros meses reduciendo la cantidad de agua gradualmente, después de 4 meses se realizó un primer chapeo, también se hizo a los 6, 8 y 11 meses de establecido el ensayo experimental; la chapea se realizó con el objetivo de eliminar las malezas, ya que se reportan estudios realizados por el CATIE donde las malezas son un factor limitante en el crecimiento de estas especies por la competencia de luz y nutrientes.

3.6 Variables evaluadas

En cada una de las especies en el ensayo a los 12 meses de establecida, se evaluó en la parcela útil las variables sobrevivencia, diámetro basal, altura y número de ejes.

3.6.1 Sobrevivencia

Se estimó en la parcela útil tomando los 9 arboles del ensayo. Se realizó un conteo de cada uno de los árboles presente en la parcela, luego se calculó el porcentaje de sobrevivencia con relación a los arboles vivos y muertos. La evaluación se realizó a los 6 y 12 meses de establecido el ensayo (Salazar,1989).

3.6.2 Altura total

Se midió, desde la base del suelo hasta la punta del ápice más largo que presentaba la planta con una vara graduada en metros (Salazar, 1989).

3.6.3 Diámetro de cuello

Se midió todos aquellos árboles de la parcela útil a ras del suelo utilizando un bernier graduados en milímetros (Salazar, 1989).

3.6.4 Diámetro basal

Se midió a todos aquellos arboles de la parcela útil a una altura de 10 cm sobre la base del suelo utilizando un bernier graduado en milímetros (Salazar, 1989).

3.6.5 Número de ejes

Se realizó un conteo de todos los ejes presentados debajo de 1.3m de altura para cada uno de los arboles de la parcela útil (Salazar, 1989).

3.6.5 Suelo

Se realizo un análisis químico al suelo estéril, en el cual se determinó pH, Mo, N, P y K. También se realizó un análisis físico donde se determinó la textura, y después de un año se realizaron estos mismos análisis en el mismo suelo, pero influenciados por las especies.

4.4 Análisis de los datos

El análisis estadístico de los datos fue realizado en el programa SPSS ver 7.1 para Windows. En los análisis se obtuvieron análisis de varianza para los diferentes variables analizadas y análisis de separaciones de medias para los diferentes substratos con el objetivo de conocer cual obtuvo el mejor resultado.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Primera medición (6 meses)

4.1.1 Sobrevivencia

La variable sobrevivencia no demostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados, a un nivel de significancia del 5% (anexo 1), lo cual significa que se puede realizar un análisis por separado entre los factores estudiados (especie y tipo de substrato).

La figura 4 nos muestra que todos los tratamientos obtuvieron porcentajes de sobrevivencia que oscilan entre 94 y 100%, lo cual se considera satisfactorio; sin embargo, es importante mencionar que la mortalidad en muchas plantas fue debido al pisoteo de personas y animales que usaban el sitio de plantación como un cruce hacia otros lugares.

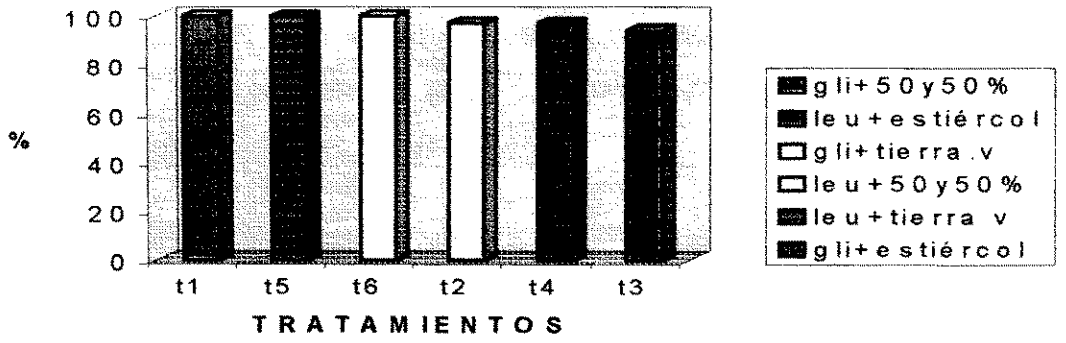


Figura 4: Porcentaje de sobrevivencia por tratamiento, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento León, 1999.

Este resultado satisfactorio pudo ser debido a que *Gliricidia sepium y Leucaena leucocephala* toleran una gran variedad de suelos, nunca aquellos con mal drenaje interno, y por ser especies fijadoras de nitrógeno a través del desarrollo de nódulos y a la formación de micorrizas, le permite una buena adaptación a suelos con factores limitantes; principalmente en aspectos de nutrición y disponibilidad de agua.

Al realizar el análisis a los factores por separado, no se encontró diferencia estadísticamente significativas entre las especies estudiadas (anexo 1), esto se muestra en la figura 5 donde las especies leucaena y gliricidia obtuvieron altos porcentajes de sobrevivencia con 99 y 97% respectivamente.

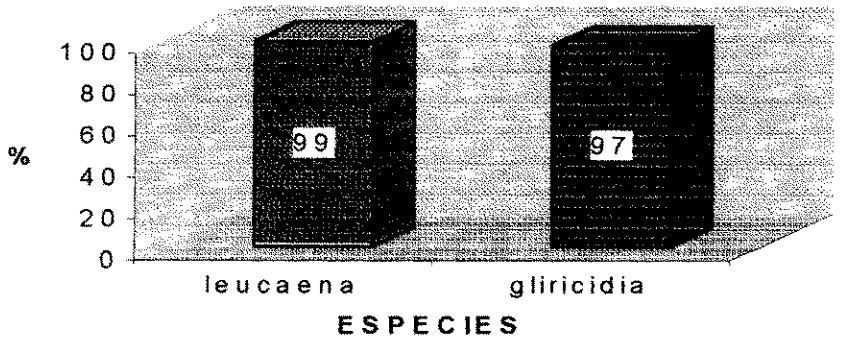


Figura 5: Porcentajes promedios de sobrevivencia por especies, a los seis meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.

Las pruebas de separaciones de medias para Tukey y el análisis de varianza realizado, no encontraron diferencias significativas entre los substratos evaluados (anexo1, 2), sin embargo, el substrato tierra vegetal + estiércol presentó él más bajo porcentaje promedio con 97% en comparación con los otros dos que presentaron 98.5% (fig. 6).

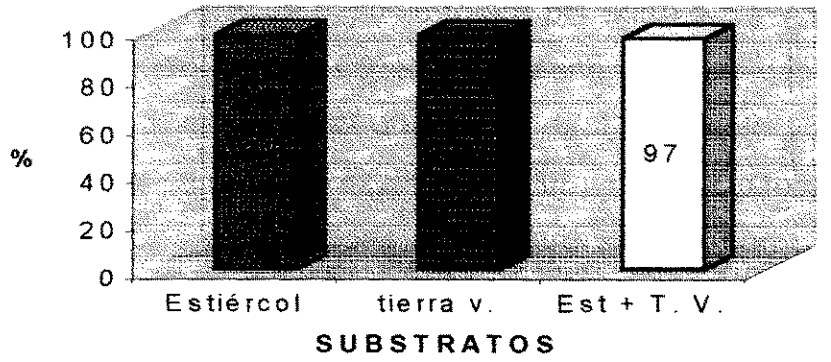


Figura 6: Porcentajes promedios de sobrevivencia por substratos, a los seis meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento León, 1999.

4.1.2. Altura

El análisis estadístico realizado a la variable altura a un nivel de significancia del 5%, no demostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados (anexo 1), esto significa, que las especies presentaron crecimientos similares, lo cual se puede observar en la figura 7 donde los tratamientos presentaron alturas que oscilan entre 2 y 3 m

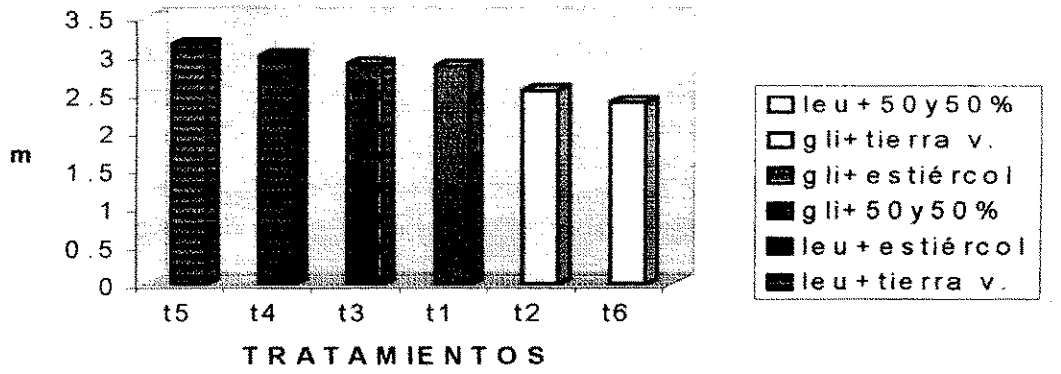


Figura 7: Promedios de altura por tratamiento, a los seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento León, 1999.

Este crecimiento se considera satisfactorio, sí se toma en cuenta que no se reportan estudios de crecimiento para la especie gliricidia en suelos con pH mayores que 8. De acuerdo con ensayos establecidos en el oeste de Africa, Filipinas y América Central, la especie tolera pH entre 5,5 y 7,0 (CATIE, 1991); sin embargo se detecto para la especie leucaena establecidas en Filipinas con un pH de 8 a los 7 años de edad una altura de 1.6 m, esto ocurrió por el bajo contenido de fósforo en el suelo alcalino (CATIE, 1991). De lo anterior podemos decir que las especies establecidas en nuestro estudio con un pH de 8.4, no presentaron deficiencias en crecimiento por la falta de fósforo, lo cual pudo estar siendo suministrado por los substratos utilizados.

Las especies leucaena y gliricidia presentaron crecimiento en alturas de 2.8 m y 2.7 m respectivamente, como se muestra en la figura 8.

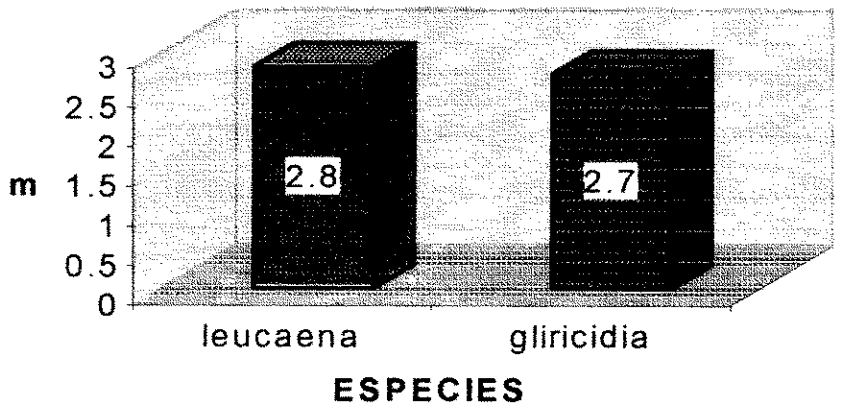


Figura 8: Promedios de altura por especies, a lo seis meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento León, 1999.

Resultados similares se obtuvieron en un estudio de procedencia de *Gliricidia sepium* realizado en Cofradía-Nicaragua a los 6 meses de establecida por Calero, 1992 en el cual el material procedente de Belén alcanzó una altura promedio de 2.64 m. Esto significa que las especies con ayuda de los substratos, respondieron positivamente a las condiciones de suelo de las presas de colas de la localidad, Mina El Limón.

En otro estudio de crecimiento realizado a los 7 meses para *Gliricidia sepium* en Deazúcar, Nicaragua a una altitud de 70 msnm; TMA 27.7C; PMA1131 mm; siete meses con déficit hídrico, bosque seco tropical; suelo Udic Haplustoll, obtuvo a un espaciamiento de 2x2 m una altura de 1.1 m (CATIE 1991), valor menor en más de un 100% con respecto al obtenido en la presente investigación, lo cual pudo ser debido a que las condiciones del sitio en Deazúcar no eran las óptimas para la especie.

Los substratos no presentaron diferencias estadísticas según las pruebas de Tukey y análisis de varianza realizado (anexo 1, 2), sin embargo, el substrato estiércol presentó el mejor resultado con 2.95 m (figura 9). Esto pudo ser debido, a que el estiércol a demás de contener nitrógeno, posee otras sustancias importantes para la nutrición vegetal, promotoras del crecimiento como las creatinas, auxinas y ácido -b -indol acético (Teuscher y Adler, 1987).

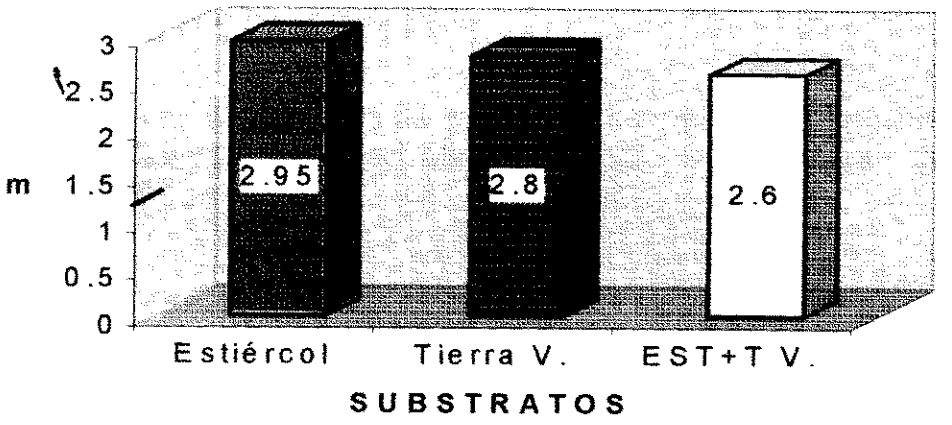


Figura 9: Promedios de altura por substrato, a los seis meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.

4.1.3 Diámetro de cuello

Al analizar la variable diámetro de cuello a un nivel de significancia del 5%, no demostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados (anexo 1), sin embargo, en la figura 10 nos muestra que los tratamientos 3, 1 y 2 presentaron los promedios más altos en diámetro de cuello con 5.6, 5.2 y 4.8 cm respectivamente. También es importante mencionar que éstos tratamientos pertenecen a la misma especie

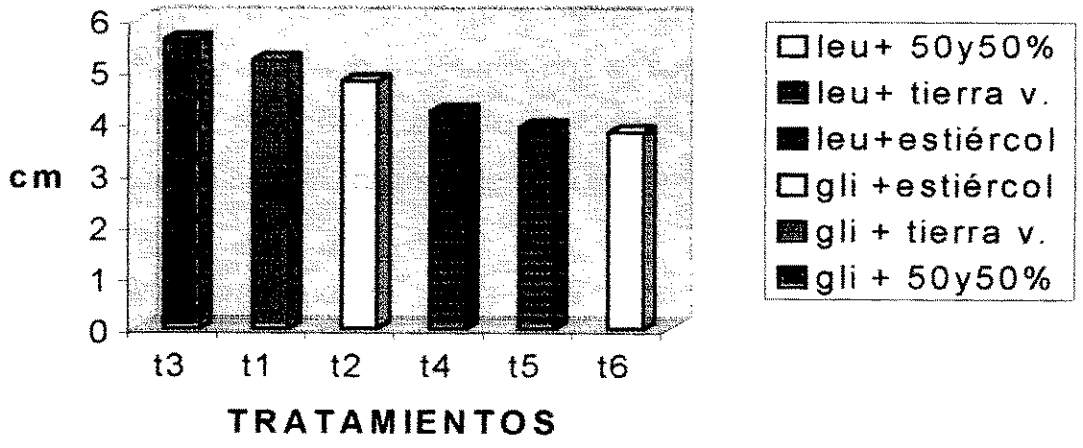


Figura 10: Promedios de diámetro de cuello por tratamiento, a los seis meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.

Las especies no presentaron diferencias significativas en cuanto al diámetro de cuello (anexo 1), sin embargo, en la figura 11 se muestra que *Gliricidia sepium* presentó el mejor diámetro con 5.2 cm, pudo ser debido a que gliricidia generalmente alcanza diámetros hasta 40 cm y leucaena solamente puede alcanzar diámetros hasta 20 cm (CATIE, 1991). La no-existencia en diferencia de diámetro de cuello entre ambas especies, es debido al corto tiempo que fueron evaluadas.

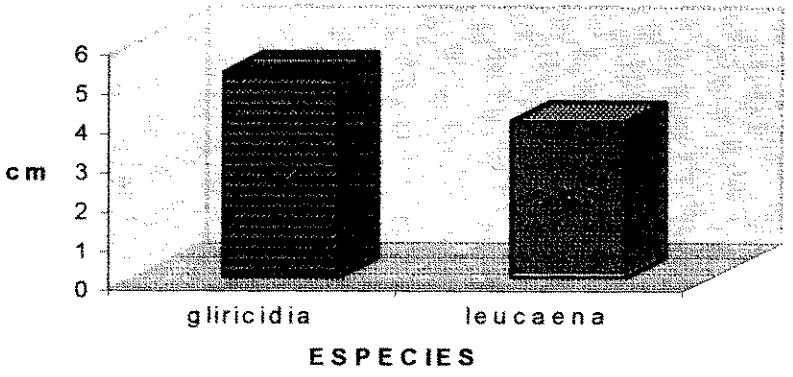


Figura 11: Promedios de diámetro de cuello por especie, a los seis meses de establecidas, localidad mina El Limón, Departamento de León, 1999.

En un estudio realizado en Cofradía - Nicaragua en procedencias de *Gliricidia sepium* a 6 meses de establecidas por Calero, 1992, obtuvo para el material procedente de Belén tomado a 5 cm sobre el suelo un promedio de diámetro basal de 4.29 cm. Esta diferencia pudo ser debido a la altura que fue tomado el diámetro, ya que en nuestro caso se tomó a ras del suelo.

Los substratos al igual que las variables anteriores no presentaron diferencias estadísticamente significativas para las pruebas de Tukey y análisis de varianza realizado (anexo 1 y 2), sin embargo, en la figura 12 nos muestra que el substrato estiércol presentó mejor resultado con 4.65 cm.

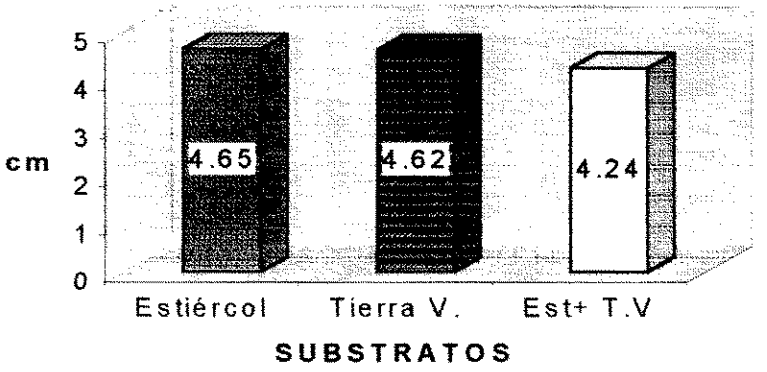


Figura 12: Promedios de diámetro de cuello por substratos, a los seis meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 1999.

4.2 Segunda medición (12 meses)

4.2.1 Sobrevivencia

El análisis realizado a la variable sobrevivencia a un nivel de significancia del 5%, no demostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados (anexo 1), sin embargo, los rangos de sobrevivencia oscilan entre 100 y 94 %, lo cual se muestra en la figura 10 donde los tratamientos 1, 5 y 6 obtuvieron los más altos porcentajes con un 100 %.

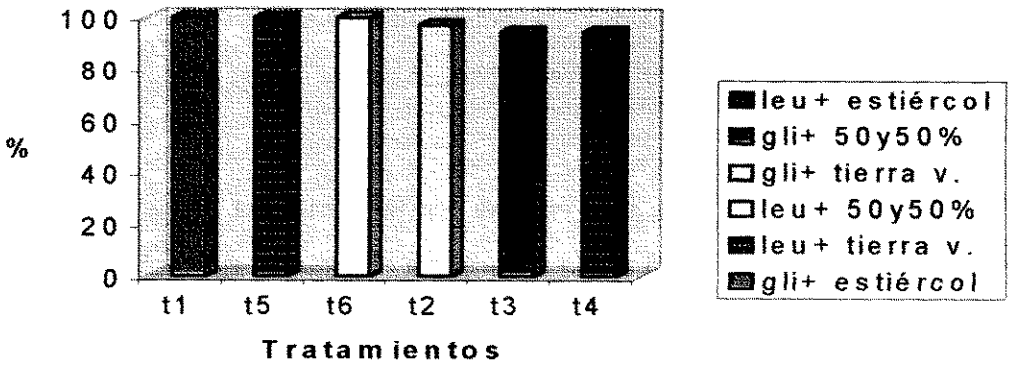


Figura 13: Porcentajes de sobrevivencia, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 2000.

Este resultado nos demuestra, que al igual que la medición realizada a los 6 meses es satisfactorio, ya que presentan altos porcentajes de sobrevivencia; sin embargo, se debe considerar que, no es posible identificar factor único, como responsable del éxito o fracaso de una especie en un sitio, ya sea suelo, clima o manejo; normalmente se trata de una combinación de factores que interactuan entre sí, los que provocan que el medio sea o no propicio para una especie (CATIE, 1991).

En la figura 14 se observa que las especies leucaena y gliricidia obtuvieron diferentes porcentajes de sobrevivencia con 98 y 97% respectiva mente, aunque no significativas entre ellas (anexo 1).

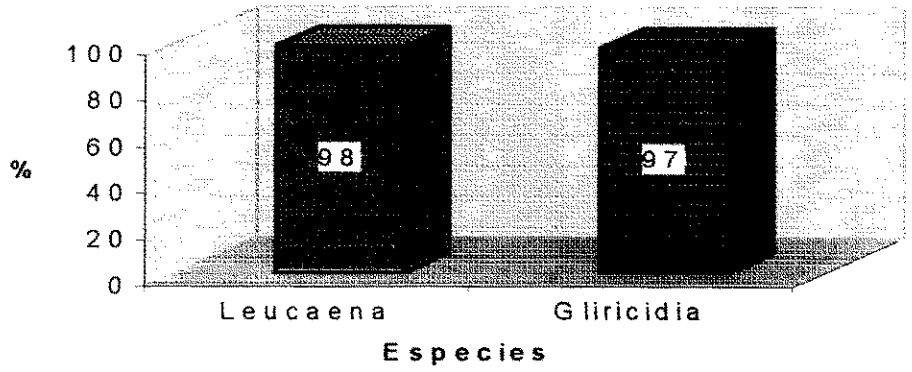


Figura 14: Porcentajes de sobrevivencia por especie, a los doce meses de establecida, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 2000.

Resultados similares se obtuvieron en un estudio de 11 especies y 24 variedades de leucaena, realizado en cuatro sitios de Nicaragua a los 12 meses de establecida por Membreño, 1996, en la cual *Leucana leucocephala* presentó el 100% de sobrevivencia en los sitios de Estelí y Mateare; sin embargo la presente investigación superó a los sitios de Diriamba y El Plantel que obtuvieron un promedio de 69 y 25 % respectivamente. La causa de los bajos porcentajes de sobrevivencia en estos sitios no se mencionan en el estudio, pero se hace mención del sitio Estelí como el menos propicio para las variedades de leucaena por sus bajos promedios en altura y diámetro, lo que significa que un alto porcentaje de sobrevivencia no representa una adaptación completa para una especie.

Los substratos no presentaron diferencias estadísticas para el análisis de varianza y pruebas de Tukey realizados entre ellos (anexo 1 y 2); sin embargo, el substrato tierra vegetal presentó él más alto promedio de sobrevivencia con un 98.6 % (fig. 15).

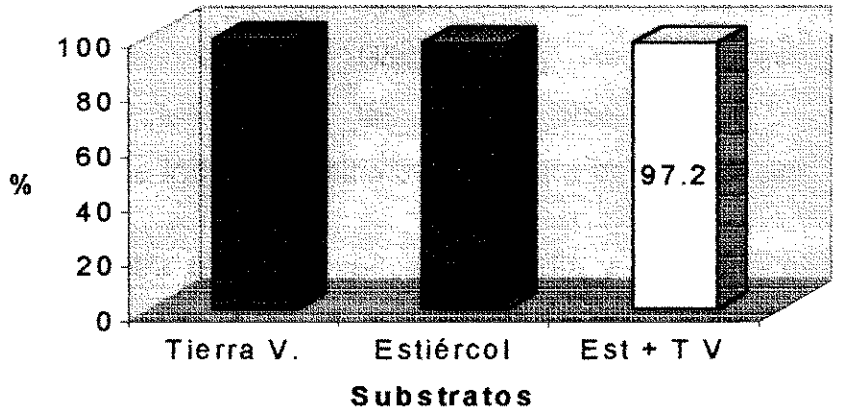


Figura 15: Porcentajes de sobrevivencia por substrato, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 2000.

4.2.2 Altura

La variable altura a un nivel de significancia del 95 %, no demostró diferencia significativa entre los diferentes tratamientos evaluados (anexo 1), sin embargo, la figura 16 nos muestra que el tratamiento 1 (gliricidia y estiércol) obtuvo el valor promedio más alto en altura con 4.4 m seguido de los tratamientos 3 y 4 con valor de 4.3 m

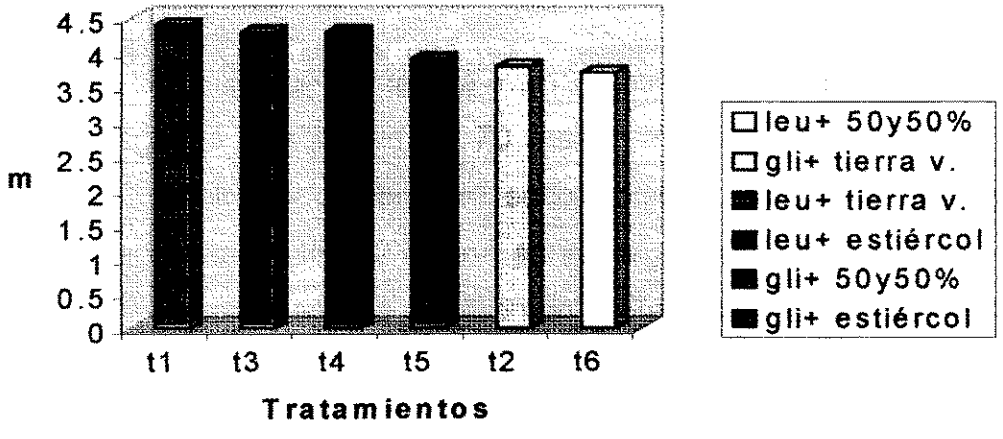


Figura 16: Promedios de altura por tratamiento, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 2000.

Este resultado demuestra una respuesta positiva de las especies ante las condiciones de suelo, ya que según los modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* elaborados por Hughell en 1990, las especies presentan un crecimiento que las ubica en la curva de índices de sitio buenos para estas especies.

La figura 17 muestra que las especies gliricidia y leucaena obtuvieron alturas promedio diferentes de 4.2 y 4 m respectivamente, aunque no significativos (anexo 1), pero a diferencia de los resultados obtenidos a los 6 meses, gliricidia obtuvo el mayor promedio en altura.

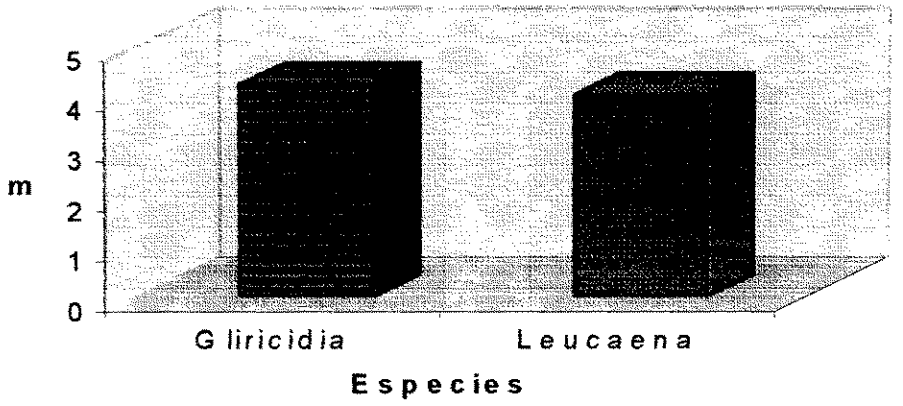


Figura 17: Promedios de altura por especie, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, Departamento León, 2000.

En un estudio de crecimiento realizado a los 19 meses para *Gliricidia sepium* en Deazúcar, Nicaragua a una altitud de 70 msnm; TMA 27.7C; PMA1131 mm; siete meses con déficit hídrico, bosque seco tropical; suelo Udic Haplustoll, obtuvo a un espaciamiento de 2x2 m una altura de 2.6 m (CATIE, 1991), valor menor en un 61.9 % con respecto al obtenido en la presente investigación. El estudio realizado en Deazúcar a los 19 meses es el seguimiento al estudio comparado a los 6 meses en el presente trabajo, lo cual se puede observar que la especie no ha tenido buen desarrollo, indicando que el sitio es pobre para las especie.

En otro estudio realizado por Membreño, 1996, de 11 especies y 24 variedades de leucaena en cuatro sitios de Nicaragua a 12 meses de establecida, *Leucaena leucocephala* presentó en los cuatro sitios un promedio en altura de 1.49m, obteniendo mejores resultado en la presente investigación en más de un 100%.

Al igual que los resultados obtenidos a los seis meses los substratos no presentaron diferencias significativas entre ellos (anexo 1 y 2), obteniendo siempre el substrato estiércol mejor crecimiento con 4.4 m (fig. 18).

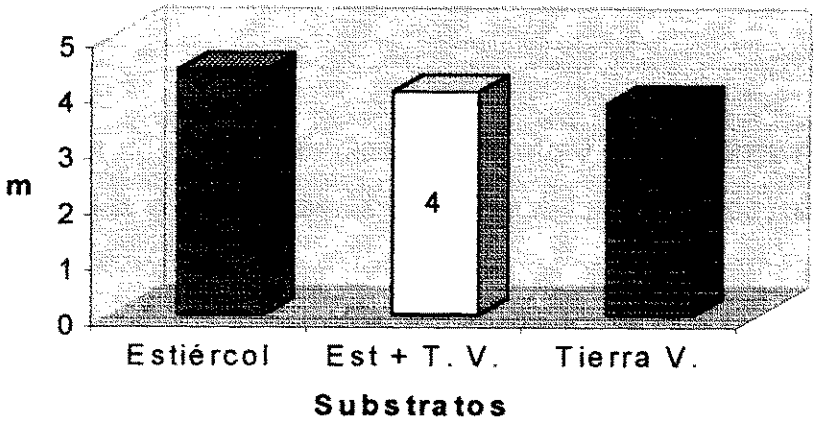


Figura 18: Promedios de altura por substratos, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 2000.

4.2.3 Diámetro basal

El análisis realizado a la variable diámetro basal a un nivel de significancia del 95%, no demostró diferencia significativa entre los diferentes tratamientos evaluados.

Sin embargo, en la figura 19 se observa que los tratamientos 3, 1 y 2 obtuvieron los promedios más altos en diámetro basal con 7.1, 6.92 y 5.97 cm respectivamente. Estos resultados pertenecen a la especie gliricidia, que también obtuvo el más alto diámetro de cuello a los 6 meses.

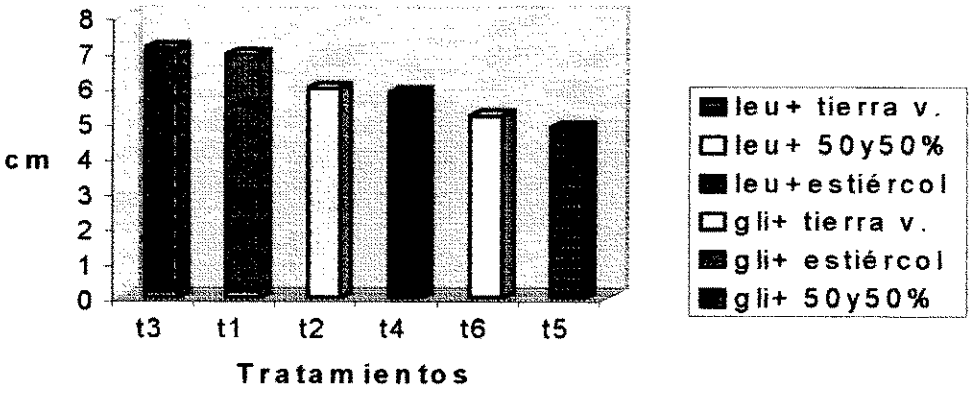


Figura 19: Promedios de diámetro basal por tratamiento, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, Departamento de León, 2000.

Según los modelos de predicción del crecimiento y rendimiento elaborados por Hughell en 1990, las especies se ubican según los resultados en la curva de índices de sitios buenos, aunque estos resultados en crecimiento pudieron estar siendo influenciado por los substratos suministrado; ya que las presas de colas presentaban algunas limitantes para el crecimiento para la especie, como es la ausencia de fósforo y alto pH.

Las especies presentaron diferencias significativas en cuanto al diámetro basal (anexo 1), lo que nos demuestra que gliricidia alcanza mayores diámetro que leucaena (figura 20).También nos confirma que el grosor en diámetro esta en dependencia del tipo de especie.

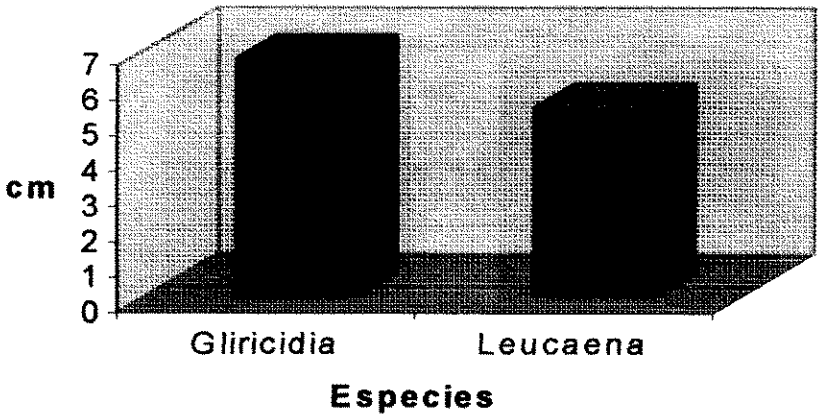


Figura 20: Promedios de diámetro basal por especie, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

En el estudio realizado por Membreño en 1996 de 11 especies y 24 variedades de Leucaena en cuatro sitios de Nicaragua a 12 meses de establecida, *Leucaena leucocephala* presentó en los cuatro sitios un promedio en diámetro basal tomado a 10 cm sobre el suelo de 1.61 cm, obteniendo mejores resultados en la presente investigación en más de un 100%, esto pudo haberse dado por las condiciones pobres de los sitios.

Los substratos evaluados no presentaron diferencias estadísticas según los análisis de varianza y pruebas de Tukey realizados (anexo 1, 2), sin embargo, el substrato estiércol presentó mejores resultados al obtener un promedio en diámetro basal de 6.4 cm (fig. 21).

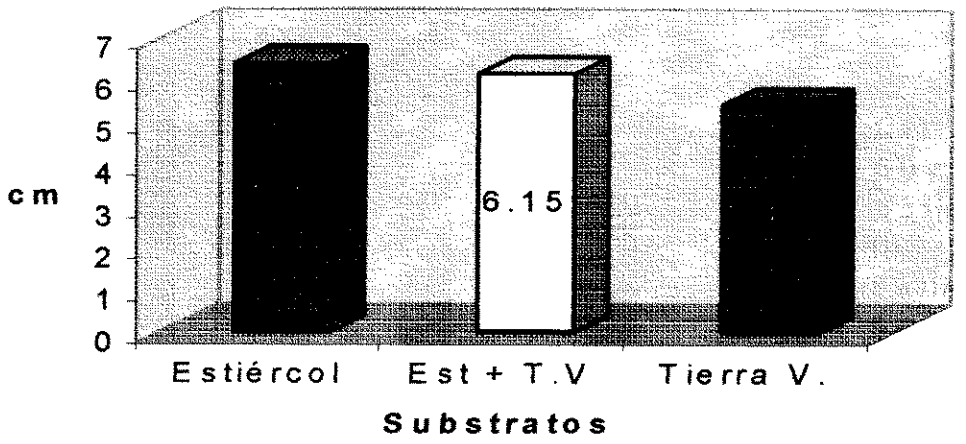


Figura 21: Promedios de diámetro basal por Substrato, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

4.2.4. Número de ejes

El análisis estadístico realizado a la variable número de ejes a un nivel de significancia del 5%, no demostró diferencia significativa entre los diferentes tratamientos evaluados(anexo 1).

A pesar de lo anterior, en la figura 22 se observa que los tratamientos 3, 1 y 2 obtuvieron los promedios más altos en ejes presentados con 5.3, 4.92 y 4.8 respectivamente. Es de importancia mencionar que estos resultados pertenecen a la misma especie (gliricidia).

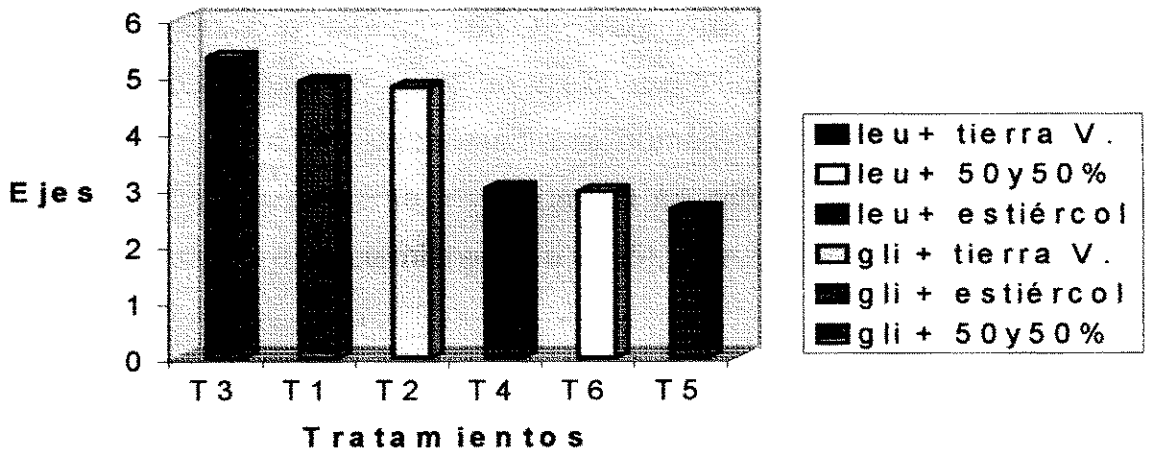


Figura 22: Promedios de ejes presentados por tratamientos, a los doce meses de establecidos, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

Las especies mostraron diferencias estadísticas, para la variable número de ejes (anexo 1), lo que significa que los ejes presentes en los arboles estará en dependencia de la especie; como se muestra en la figura 23, donde *Gliricidia sepium* presentó el mejor resultado al obtener un promedio de 5.

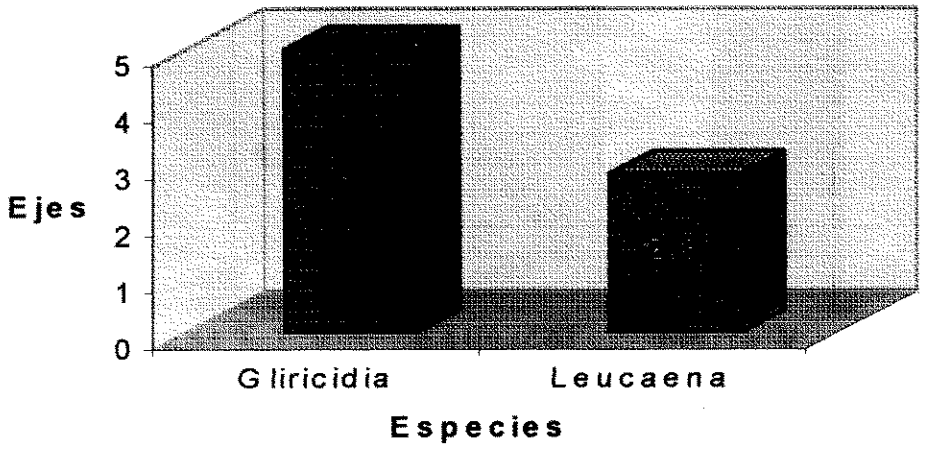


Figura 23: Promedios de ejes presentes por especies, a los doce meses de establecidas, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

En el estudio realizado por Membreño en 1996 de 11 especie y 24 variedades de leucaena en cuatro sitios de Nicaragua a 12 meses de establecida, *Leucaena leucocephala* presentó en los cuatro sitios tomado desde el nivel del suelo hasta 1 m de altura un promedio de número de ramas de 7, superando a los obtenidos en la presente investigación en más de un 100 %.Esto pudo haberse dado por el espaciamiento (2.5 x 2.5), al que fueron establecidas.

En otro estudio realizado en Cofradía-Nicaragua en procedencias de *Gliricidia sepium* a 6 meses de establecida por Calero, 1992 obtuvo para el material procedente de Belén tomado desde el nivel del suelo hasta 1 m de altura un promedio de número de ramas de 4.82, similares a los obtenidos en el presente estudio.

No se presento diferencias estadísticas entre los substratos evaluados, según los análisis de varianza y pruebas de Tukey realizadas (anexo 1, 2),sin embargo, en la figura 21 nos muestra que el substrato estiércol + tierra vegetal obtuvo el mejor resultado con un promedio de 4.1 ejes.

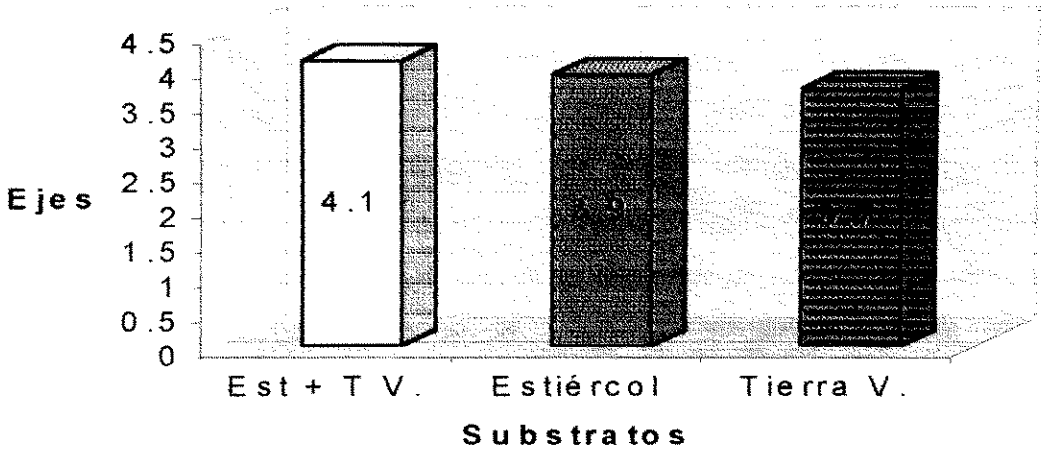


Figura 24: Promedios de ejes presentes por Substrato, a los doce meses de aplicados, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

4.3 Cuadros resumen de las distintas variables evaluadas

Cuadro 3: Promedios obtenidos por tratamiento a los 6 y 12 meses para las distintas variables evaluadas en la localidad Mina El Limón, León, 1999 -2000.

Tratamientos	Sobrevivencia(%)		Altura(m)		DC(cm)	DB(cm)	N° de ejes
	6 M	12 M	6 M	12 M	6 M	12 M	12 M
T1	100	100	2.87	4.4	5.2	6.92	4.9
T2	97	97	2.56	3.8	4.8	5.97	4.8
T3	94	94	2.9	4.3	5.6	7.1	5.3
T4	97	94	3	4.8	4.2	5.84	3
T5	100	100	3.15	3.9	3.9	4.85	2.62
T6	100	100	2.4	3.7	3.8	5.17	2.95

En el cuadro 3 se puede observar como el tratamiento 1(*Gliricidia sepium* con estiércol), presentó los mejores promedios para las distintas variables evaluadas; sin embargo, debemos tomar en cuenta el tratamiento 4 (*Leucaena leucocephala* con estiércol), que presentó buenos resultados en comparación con los tratamientos 5 y 6 que pertenecen a la misma especie, pero con diferente tipos de substratos; estos resultados pueden ser debido a que el estiércol a demás de contener nitrógeno posee o tras sustancias importantes para la nutrición vegetal, promotoras del crecimiento como las creatinas, auxinas y ácido-b-indol acético (Teuscher y Adler, 1987). Es importante recordar que todos los tratamientos evaluados son iguales (anexo 1), lo que significa que cual quiera de ellos puede ser utilizados.

Cuadro 4: Promedios obtenidos por especies a los 6 y 12 meses para la distintas variables evaluadas, localidad Mina El Limón, León, 1999-2000.

Especies	Sobrevivencia(%)		Altura(m)		DC(cm)	DB(cm)	N° de ejes
	6 M	12M	6 M	12 M	6 M	12M	12M
Gliricidia	97	97	2.7	4.2	5.2	6.7	5
Leucaena	99	98	2.8	4	3.96	5.3	2.5.

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio para las especies, en la cual ambas obtuvieron buenos resultados; sin embargo, presentaron diferencias significativas en las variables diámetro basal y número de ejes (anexo 1), esto era de esperarse, ya que *Gliricidia sepium* generalmente alcanza mayores diámetros y mayor número de ejes que *Leucaena leucocephala* (CATIE, 1991).

Cuadro 5: Promedios obtenidos por substrato a los 6 y 12 meses para las distintas variables evaluadas, localidad Mina El Limón, León, 1999-2000.

Substratos	Sobrevivencia(%)		Altura(m)		DC	DB	N° de ejes
	6M	12M	6M	12M	6M	12M	12M
Estiércol	98.5	97.2	2.95	4.4	4.65	6.4	3.9
Tierra V.	98.5	98.5	2.8	3.8	4.62	5.41	3.7
50%+50%	97	97	2.6	4	4.24	6.15	4.1

Los resultados presentes en el cuadro 5 demuestran que el substrato estiércol obtuvo los más altos promedios para las variables evaluadas; y como se ha mencionado anteriormente esto es debido a sustancias que posee el estiércol que influyeron en el crecimiento y desarrollo de la planta, También se observa en el substrato combinado a igual proporción que obtuvo resultados muy cercanos al substrato estiércol; sin embargo, cualquiera de ellos puede ser utilizado.

4.4 Suelo

En el análisis químico de suelo realizado antes de establecer la plantación en el suelo estéril en las presas de colas, presentó un contenido pobre de materia orgánica y nitrógeno; ausencia de fósforo y un contenido de potasio medio; esto significa que el suelo esta pobre en estos nutrientes. El pH se encontró en el límite de medianamente alcalino y fuertemente alcalino (cuadro 6). Esta interpretación es según los rangos de clasificación de nutrientes en suelos de Nicaragua.

En el cuadro 1 también se observan los resultados obtenidos en el análisis químico de los diferentes substratos evaluados, en el que se encontró un alto contenido de N, P, K con la excepción del Substrato tierra vegetal que presentó un contenido medio de fósforo y nitrógeno.

Cuadro 6: Resultados del primer análisis químico del suelo estéril y los diferentes tipos de substratos, localidad Mina El Limón, León, 1999.

Identificación	Prof. (cm)	pH	Mo (%)	N (%)	P (ppm)	K
Suelo estéril	20	8.4	0.36	0.01	0	0.27
Estiércol				0.55	283	6.8
tierra vegetal				0.11	6.7	0.41
Est + T. v				0.51	201	3.88

La comparación del primer análisis químico realizado al suelo estéril con los análisis químico realizados a los diferentes tratamientos después de un año presentó como resultado una disminución del pH del suelo en los diferentes tratamientos y un aumento en el contenido de materia orgánica y nitrógeno por el tratamiento cinco (Leucaena y tierra vegetal) con valores que van de 0.36-0.59 % y de 0.01-0.02 % respectivamente. (cuadro 7).

Cuadro 7: Comparación del primer análisis químico del suelo estéril con los diferentes tratamientos después de un año, localidad Mina El Limón, León, 2000.

Identificación	Prof. (cm)	pH	Mo (%)	N (%)	P (ppm)	K
Suelo estéril	20	8.4	0.36	0.01	0	0.27
T1	20	7.9	0.14	0	0	0.17
T2	20	7.7	0.13	0	0	0.18
T3	20	8.0	0.26	0.01	0	0.20
T4	20	7.6	0.39	0.01	0	0.24
T5	20	8.2	0.59	0.02	0	0.26
T6	20	7.6	0.26	0.01	0	0.22

La reducción del pH pudo ser debido a que las especies incorporaron materia orgánica degradable, favoreciendo de esta manera la formación de ácidos orgánicos que aumentan la capacidad de intercambio de cationes, pero que disminuye el porcentaje de saturación de bases, y, por tanto, el pH (Cepeda, 1991).

En el cuadro 7, también se puede observar una disminución de materia orgánica y potasio en los diferentes tratamientos en comparación con el suelo estéril, a excepción de tres tratamientos, en el cual los tratamientos 1 y 2 presentaron una disminución en el contenido de nitrógeno de 0.01-0 %, y el tratamiento 4 que presentó un aumento en el contenido de materia orgánica de 0.36-0.39 %.

La disminución presentada en algunos tratamientos pudo deberse a que el análisis realizado al suelo estéril fue en período seco, y el análisis de los tratamientos se realizo un año después, en el cual durante este hubo precipitación, que pudo haber formado escorrentía que arrastraran algunos nutrientes, o bien, pudo haberse dado una lixiviación de estos hacia horizontes más profundos. El análisis de un suelo antes y después de una lluvia revela una reducción apreciable en el contenido de nitratos (Teuscher y Adler, 1987).

Debemos mencionar que una de las fuentes principales de la materia orgánica es el tejido vegetal (Cepeda, 1991); esto nos llevó a pensar que gran parte de los materiales vegetativos aportados al suelo por las especies, fueron arrastrados por escorrentia durante el período lluvioso, causando la reducción de materia orgánica al suelo, a esto también le adicionamos la absorción de nutrientes por las malezas y las especies, provocando también la reducción de los elementos en estudio.

Muestra del contenido nutritivo que tienen los tejidos vegetativos, se puede citar a la especie leucaena, que se promueve como fuente de fertilizante para los sistemas de abonos verdes; Ya que, una vez que se cosecha, una gran cantidad de nutrientes se remueve (el follaje contiene 2.4-4.3% N, 0.2-0.4% P, 1.3-4.0% K, 0.8-2.0% Ca y 0.4-1.0% Mg). Pound y Martínez (1985)

Los resultados obtenidos en el primer análisis físico del suelo estéril, presentó una textura franco limoso, lo cual significa que la fertilidad física es deficiente, la velocidad de infiltración es baja; también existe alta inestabilidad estructural y alta erosionabilidad (Porta J; López M; Roquero C, 1994). De lo anterior deducimos que la reducción de algunos elementos en las parcelas, fue causada por erosión, y el aumento en otras por la sedimentación causada por la misma.

La comparación de los resultados obtenidos inicialmente en el suelo estéril con los resultados después de un año para los distintos tratamientos, no presentó cambio alguno en la textura (cuadro 8). Esto pudo deberse a que el tiempo en que se evaluó fue muy corto, por lo que se debe esperar varios años para observar algún cambio.

Cuadro 8: Comparación del análisis físico inicial del suelo estéril con los Resultados obtenidos después de un año para los tratamientos, Localidad Mina El Limón, León, 2000.

Identificación	Partículas			Textura
	Limo	Arcilla	Arena	
Suelo estéril	55	10	35	Franco limoso
T1	55	7.5	37.5	Franco limoso
T2	55	7.5	37.5	Franco limoso
T3	55	7.5	37.5	Franco limoso
T4	55	7.5	37.5	Franco limoso
T5	55	7.5	37.5	Franco limoso
T6	55	7.5	37.5	Franco limoso

A pesar de lo anterior, es importante mencionar que el suelo estéril estaba siendo influenciado por las especies y no por los substratos, ya que estos fueron aplicados directamente a la planta.

V CONCLUSIONES

- *Leucaena leucocephala* obtuvo los porcentajes mas altos de Sobrevivencia a los 6 y 12 meses de establecidas con 99 y 98 % respectivamente.

- El mayor crecimiento en altura a los seis meses de establecidas lo obtuvo *Leucaena leucocephala* con 2.85 m; en cambio *Gliricidia sepium* obtuvo el mayor crecimiento a los 12 meses con 4.2 m tomado desde la base del suelo hasta la yema terminal del eje vertical mas alto;

- El mayor incremento en diámetro de cuello y basal lo obtuvo *Gliricidia sepium* a los seis y doce meses de establecidas, con 5.2 cm. y 6.69 cm. respectivamente. También obtuvo mayor número de ejes con 5, tomado bajo 1.3 m de altura hacia la base del árbol a los 12 meses de establecida la plantación.

- El Substrato estiércol mostró los valores promedios más altos en diámetro de cuello(4.65 cm), diámetro basal (6.4 cm) y altura(2.95 y 4.4 m) a los 6 y 12 meses de establecidos.

- Los análisis físicos y químicos realizados al suelo estéril en presencia de los árboles después de un año, no presentaron cambio en la textura, en cambio mostraron una disminución en la alcalinidad con promedio de 5.9 %.

- El tratamiento 5 (Leucaena y tierra vegetal) presentó, un aumento en el contenido de materia orgánica y nitrógeno después de un año con 63.8 y 100 % respectivamente.

VI RECOMENDACIONES.

- Cualquiera de los substratos y especies evaluados pueden ser utilizado para establecer plantaciones en estos suelos, por lo que se recomienda utilizar el material más disponible en la zona.

- Realizar una poda de forma a las especies dejando el mejor eje, para lograr un mejor crecimiento.

- Dar un seguimiento al estudio a través de la evaluación del suelo y las especies en años posteriores.

VII. BIBLIOGRAFIA

CATIE.1991. Leucaena leucocephala: "Especie de árboles de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. 60p.

CATIE. 1991. Madreado, madero negro, madre cacao: "Especie de árboles de uso Múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. 72p.

CALERO SEQUEIRA, F. 1992. Ensayo de procedencias y familias Gliricidia Sepium (jacq) Steud de México, América Central y Panamá. Tesis Ing Forestal. Managua, UNA. 86p.

CEPEDA DOVALA, J. M. 1991. Química de suelos. 2ed México. D. F. Trillas. 168p.

HUGHELL, D. A. 1990. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de: *Eucalyptus camaldulensis, Gliricidia sepium, Guasuma ulmifolia, Leucaena leucocephala* en América Central. Turrialba, Costa Rica. 70p.

MEMBREÑO MORALES, J.J. 1996 Evaluación de 11 especies y 24 Variedades de Leucaena a los 12 y 18 meses de establecida, en Cuatro sitios de Nicaragua. Tesis Ing Forestal. Managua, UNA. 73p.

MINERA DE OCCIDENTE S.A. 1997. Estudio de línea de base. TRITON Mining Corp.

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES (MARENA), 1996. Especie para la reforestación en Nicaragua. Editorial Hispamer Managua, Nicaragua. 185p.

PEDROZA, H. 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. Managua: Editorial de arte. 226p.

PORTA CASANELLAS, J.; LOPEZ, M.; ROQUERO, C. 1994. Ecología para la agricultura y el medio ambiente. MADRID, España. 839 p.

POUND, B; MARTINEZ, C. L. 1985. Leucaena: su cultivo y su utilización. Santo Domingo, República Dominicana. Ed. Corripio, C. pora. 292p.

SALAS ESTRADA, J. B. 1993. Arboles de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Ed Hispamer. 390p.

SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especie de uso Múltiple. Turrialba Costa Rica, CATIE, 130p. Boletín técnico.

TEUSCHER, H.; ADLER, R.1987. El suelo y su fertilidad. Trad. Rodolfo Vera y Zapata, Q.B.P. México, D.F. Continental, S.A. 510p.

VIII.- ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de varianza para la variable sobrevivencia a los seis meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 1999.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	20.167	1	20.167	0.300^{ns}
Substrato	10.083	2	5.042	0.753^{ns}
Bloque	40.333	3	13.444	0.529^{ns}
Especie+substrato	70.583	2	35.292	0.167^{ns}
Error	262.167	15	17.478	

Análisis de varianza para la variable altura a los seis meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 1999.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	352.667	1	352.667	0.751^{ns}
Substrato	2986.083	2	1493.042	0.651^{ns}
Bloque	43027.167	3	14342.389	0.023^{ns}
Especie+substrato	10301.083	2	5150.542	0.250^{ns}
Error	50784.833	15	3385.656	

Análisis de varianza para la variable diámetro de cuello a los seis meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 1999.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	7.924	1	7.924	0.006^{ns}
Substrato	0.825	2	0.412	0.595^{ns}
Bloque	6.321	3	2.107	0.080^{ns}
Especie+substrato	0.846	2	0.423	0.588^{ns}
Error	11.519	15	0.768	

Análisis de varianza para la variable sobrevivencia a los doce meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	5.042	1	5.042	0.633^{ns}
Substrato	10.083	2	5.042	0.791^{ns}
Bloque	15.125	3	5.042	0.714^{ns}
Especie+substrato	131.083	2	65.542	6.190^{ns}
Error	317.625	15	21.175	

Análisis de varianza para la variable altura a los doce meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	2667.042	1	2667.042	0.470^{ns}
Substrato	12742.333	2	6371.167	0.299^{ns}
Bloque	11632.458	3	3877.486	0.514^{ns}
Especie+substrato	5754.333	2	2877.167	0.566^{ns}
Error	72911.792	15	4860.786	

Análisis de varianza para la variable diámetro basal a los doce meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	11.830	1	11.830	0.000 *
Substrato	4.242	2	2.121	0.053^{ns}
Bloque	2.887	3	0.962	0.225^{ns}
Especie+substrato	0.978	2	0.489	0.456^{ns}
Error	8.858	15	0.591	

Análisis de varianza para la variable número de ejes a los doce meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León, 2000.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	FC
Especie	28.297	1	28.297	0.000 *
Substrato	0.596	2	0.298	0.521^{ns}
Bloque	0.208	3	6.929	0.922^{ns}
Especie+substrato	0.262	2	0.131	0.745^{ns}
Error	6.552	15	0.437	

Anexo 2

Promedios de sobrevivencia, altura y diámetro de cuello por Substrato a los seis meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León.

SUBSTRATO	SOBREVIVENCIA (%)	ALTURA (m)	DIAMETRO DE CUELLO (cm)
Estiércol	98.62[a]	2.94[a]	4.65[a]
Tierra vegetal	98.62[a]	2.85[a]	4.24[a]
Estiercol+Tierra v.	97.25[a]	2.67[a]	4.62[a]

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05), según Tukey.

Promedios de sobrevivencia, altura, diámetro basal y número de ejes por Substrato a los doce meses de establecida la plantación, localidad Mina El Limón, departamento de León.

SUBSTRATO	SOBREVIVENCIA (%)	ALTURA (m)	DIAMETRO BASAL (cm)	NUMERO DE EJES
Estiércol	97.25[a]	4.39[a]	6.40[a]	3.98[a]
Tierra vegetal	98.62[a]	3.84[a]	6.15[a]	3.75[a]
Estiercol+Tierra v.	97.25[a]	4.04[a]	5.41[a]	4.14[a]

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05), según Tukey.

Anexo 3

Formato de registro para la medición de sobrevivencia y crecimiento en parcelas de ***Gliricidia sepium*** y ***Leucaena leucocephala.***

Sitio:_____ Boque:_____

Fecha:_____ No de medición:_____

Parcela:_____ Tratamiento:_____ Parcela:_____

No. Arb.	Sobrev.	DC (cm)	DB (cm)	Altura. (m)	No. Eje	No. Arb.	Sobrev.	DC (cm)	DB (cm)	Altura. (m)	No. Eje
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					

Parcela:_____ Tratamiento:_____ Parcela:_____

No. Arb.	Sobrev.	DC (cm)	DB (cm)	Altura. (m)	No. Eje	No. Arb.	Sobrev.	DC (cm)	DB (cm)	Altura. (m)	No. Eje
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					

Parcela:_____ Tratamiento:_____ Parcela:_____

No. Arb.	Sobrev.	DC (cm)	DB (cm)	Altura. (m)	No. Eje	No. Arb.	Sobrev.	DC (cm)	DB (cm)	Altura. (m)	No. Eje
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					

Observaciones:_____

_____

_____

Anexo 4.

EFECTO DE LA ACIDEZ SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.
(Fuente: Porta y Col., 1994)

pH	Evaluación	Efectos esperados en el intervalo
<4.5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables.
4.5-5.0	Muy fuertemente ácido	Posible toxicidad por Al^{3+}
5.1-5.5	Fuertemente ácido	Exceso: Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Deficiencia: C, k, Mg, Mo, P, S. Suelo sin carbonato cálcico. Actividad bacteriana escasa.
5.6-6.0	Medianamente ácido.	Intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos.
6.1-6.5	Ligeramente ácido.	Máxima disponibilidad de nutrientes.
6.6-7.3	Neutro.	Mínimo efecto tóxico. Por debajo de Ph=7 no hay $CaCO_3$ en el suelo.
7.4-7.8	Ligeramente alcalino.	Suelos generalmente con $CaCO_3$.
7.9-8.4	Moderadamente alcalino.	Disminuye la disponibilidad de P y B. Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Clorósis férrica.
8.5-9.0	Medianamente alcalino.	En suelos con carbonatos, estos pH altos pueden deberse al $MgCO_3$ si no hay sodio intercambiable. Mayores problemas de Clorósis férrica.
9.1-10.0	Fuertemente alcalino.	Presencia de $NaCO_3$.
>10.0	Extremadamente alcalino.	Elevado porcentaje de Na intercambiable (ESP>15%). Toxicidad por Na Y B. Movilidad del P como Na_3PO_4. Actividad microbiana escasa. Micronutrientes poco disponible, excepto Mo.

Anexo 5

Rangos de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua (Quintana et al., 1983).

pH	Clasificación
<4.6	Extremadamente ácido
4.6-5.2	Muy frecuentemente ácido.
5.2-5.6	Fuertemente ácido.
5.6-6.2	Medianamente ácido.
6.2-6.6	Ligeramente ácido.
6.6-6.8	Muy ligeramente ácido.
6.8-7.2	Neutro.
7.2-7.4	Muy ligeramente alcalino.
7.4-7.8	Ligeramente alcalino.
7.8-8.4	Medianamente alcalino.
8.4-8.8	Fuertemente alcalino.
8.8-9.4	Muy frecuentemente alcalino.
>9.4	Extremadamente alcalino.

Capacidad de intercambio catiónico.

<5	meq/100 g suelo Muy baja.
5-10	meq/100 g suelo Baja.
15-25	meq/100 g suelo Media.
25-40	meq/100 g suelo Alta.
>40	meq/100 g suelo Muy alta.

Rangos de contenidos de macronutrientes.

Nutrientes	Unidades	Pobre	Medio	Alto
Nitrógeno (N)	%	< 0.07	0.07-0.15	>0.15
Fósforo P	pp	< 10	10-20	>20
Potasio K	meq/100 g	< 0.2	0.2-0.3	>0.3
Calcio Ca	meq/100 g	< 2.5	2.5-5.5	>5.5
Magnesio Mg	meq/100 g	< 0.3	0.3-1.0	>1.0
Mat. Orgánica	%	< 2	2-4	>4

Rangos de contenidos de Micronutrientes (extracción Olsen).

Nutrientes	Unidades	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Hierro (Fe)	ppm	5-10	10-16	16-21	21-27
Zinc (Zn))	ppm	1-2	2.1-3.1	3.1-4.2	4.2-5.3
Cobre (Cu))	ppm	0.2-0.8	0.8-1.5	1.5-2.2	2.2-3.0