PNAAN 738/62
5960089
ISN-31972

COMPORTAMIENTO INICIAL DE *Acacia auriculiformis*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala* Y *Sesbania grandiflora* EN DOS SITIOS EN COSTA RICA

Luis A. Ugalde A.

Estudio realizado por el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía, CATIE/ROCAP No. 596-0089. Para la reproducción del presente documento se recibió apoyo financiero del Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, DDA, por medio de INFORAT: Información y Documentación Forestal para América Tropical.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica, 1983

CONTENIDO

Página

1. ANTECEDENTES 1

2. BREVE DESCRIPCION DE LAS ESPECIES 1

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 5

4. MATERIALES Y METODOS 5

4.1 Descripción del experimento 5
4.2 Descripción de los suelos 6
4.3 Obtención de la semilla y producción de plantas 6
4.4 Preparación de los sitios 8
4.5 Diseño experimental 8
4.6 Análisis de suelos 8
4.7 Mediciones y observaciones 8

5. RESULTADOS Y DISCUSION 9

5.1 Germinación de las semillas 9
5.2 Crecimiento y presencia de nódulos en el vivero 9
5.3 Porcentaje de sobrevivencia 11
5.4 Crecimiento en altura 11
5.5 Resultados del análisis de suelos 15
5.6 Relación entre crecimiento y variables edáficas 15

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16

7. LITERATURA CITADA 17

8. APENDICE 1, 2, 3 18

UGALDE, A.L.* Comportamieto inicial de *Acacia auriculiformis*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala* y *Sesbania grandiflora* en dos sitios en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 20 p.

RESUMEN

Se presentan los resultados en vivero y de sobrevivencia, diámetro y altura a los dos años de la plantación, así como las variables edáficas que más influyeron en el desarrollo de las especies. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones y 36 árboles por parcela.

Tanto el porcentaje de germinación como la energía de germinación fueron diferentes entre especies. Las cinco especies presentaron alta producción de nódulos en las raíces.

A los 2,5 - 3,0 meses de edad las plantas alcanzaron alturas adecuadas para ser plantadas y el porcentaje de sobrevivencia en el campo fue relativamente alto en los dos sitios a excepción de la especie *S. grandiflora*.

El crecimiento e incremento en altura de las especies alcanzó diferencias significativas principalmente entre sitios, las cuales estuvieron relacionadas con las propiedades físicas y químicas del suelo.

SUMMARY

Results are presented about the nursery phase and the survival, diameter and height in the field at the age of two years, as well as about the edaphic factor which influenced most in the development of the species. A randomized block design was used with 5 replications and 36 trees per plot.

Both germination percentage and vigour differed among species. All five species showed abundant root nodule production.

The plants had an adequate height for planting after 2,5 - 3,0 months and the survival percentage on both sites was relatively high, except for *Sesbania grandiflora*.

The species showed significant differences in growth and height increment, mainly between sites, which were related with the physical and chemical properties of the soil.

---

* MS. Silvicultor, CATIE, Turrialba, Costa Rica

El autor agradece al Ing. John R. Palmer por la revisión del manuscrito y sugerencias aportadas al presente estudio.

COMPORTAMIENTO INICIAL DE *Acacia auriculiformis*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala* Y *Sesbania grandiflora* EN DOS SITIOS EN COSTA RICA

1. ANTECEDENTES

Como parte del establecimiento de ensayos experimentales que realiza el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía que desarrolla el CATIE, se ha iniciado el presente estudio sobre el comportamiento de cinco especies leguminosas, *Acacia auriculiformis*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala* y *Sesbania grandiflora*, en dos sitios en Costa Rica: San Isidro del General y San Carlos. Esta investigación se realiza a través de una cooperación interinstitucional: CATIE-UNA-ITCR**.

2. BREVE DESCRIPCION* DE LAS ESPECIES

Acacia auriculiformis. A. Cunn. ex Benth.

Arbol de crecimiento rápido, aún en terrenos marginales puede alcanzar hasta 30 m de altura y 60 cm de diámetro. Especie nativa de Papua Nueva Guinea, isla del Estrecho de Torres y parte norte de Australia; ha sido introducida en Indonesia, Malasia, India, Tanzania y Nigeria entre otros.

Crece en condiciones tropicales húmedas con una temperatura media anual de 26°-30°C, en un rango altitudinal desde o hasta cerca los 600 msnm, la precipitación media anual en su habitat natural es de 1.500 - 1.800 mm, con 6 meses secos, aunque puede adaptarse a zonas con una estación seca más corta.

Se le encuentra en varios tipos de suelos con amplio rango de pH. En el norte de Australia esta especie crece en suelos arenosos alcalinos (pH de 9,0), así como en suelos de escorias ácidas (pH de 3,0) de las minas de uranio.

---

* Descripción basada en la publicación: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Firewood crops, shrub and tree species for energy production. Washington, D.C. 1979. 237 p.

** CATIE= Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
UNA = Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica.
ITCR = Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Crece principalmente en tierras bajas, a lo largo de canales de drenaje, en dunas, cerca de manglares, a la orilla de riachuelos, así como en suelos aluviales con alto contenido de humus (2).

Es una especie muy apropiada para la producción de leña, carbón y pulpa. La madera posee una gravedad específica alta (0,6 - 0,75) y un valor calórico de 4.800 - 4.900 kcal/kg. En Queensland esta especie es considerada como madera comercial aunque poco disponible y generalmente crece con mala forma (2).

Se reportan en Indonesia y Malasia crecimientos de 6 m de altura a los dos años y 17 m a los 8 años (9) así como rendimientos anuales de 17 - 20 m^3 con rotaciones de 10 - 12 años; aún en suelos pobres puede rendir 10 m^3/ha/año. Es una especie suceptible a bifurcación y a producir ramas gruesas, posee un crecimiento inicial un poco lento, pero se desarrolla rapidamente cuando esta bien establecida, y tiene poca capacidad para rebrotar.

Calliandra calothyrsus Meissn. (*C. confusa*)

Es un arbusto que alcanza unos 10 m de altura y un diámetro de unos 20 cm. Tiene un profundo sistema radicular. Es nativo de América Central e introducido de Guatemala a Indonesia. En Java existían en 1979, unas 30.000 ha plantadas de esta especie. En Java esta especie prospera en zonas entre los 150 - 1.500 msnm y 1.000 mm de precipitación por año, pudiendo soportar varios meses de sequía. Crece en diferentes tipos de suelo aún en los infértiles.

El uso principal de la madera es para leña. La madera tiene una gravedad específica de 0,51 - 0,78 y un valor calórico de 4.500 - 4.700 kcal/kg y un contenido de ceniza de 1,8%. En Indonesia a los 6 - 9 meses de edad alcanza alturas de 2,5 - 3,5 m; después de un año se pueden obtener de 5 a 20 m^3/ha de madera, cortando los árboles a unos 50 cm sobre el suelo. La especie rebrota fácilmente.

Calliandra puede utilizarse para el control de la erosión. También es utilizada como forraje, como ornamental, y cortina cortafuego. Posee habilidad para competir con malas hierbas. La semilla puede sembrarse directamente en el suelo o utilizar plántulas de vivero. Los arbolitos pueden trasplantarse al campo a los 4-6 meses a espaciamientos de 2 x 2 metros aunque en Indonesia se usan espaciamientos más estrechos.

Sesbania grandiflora (L.) Pers. (*Agati grandiflora*) (L.) Desv.

Es un árbol pequeño que alcanza alturas de 10 m y cerca de 30 cm de diámetro; posee un fuste recto y cilíndrico, crece muy rápido en los primeros 3 - 4 años. Es nativo de varios paises de Asia como India, Malasia, Indonesia y Filipinas.

Crece en zonas tropicales con altitud hasta los 800 msnm y 1.000 mm de precipitación con pocos meses de estación seca. Se puede adaptar a zonas semiáridas y zonas húmedas.

Es utilizado principalmente como leña, forraje, pulpa, cercos vivos y en cortinas rompevientos. La madera de esta especie es blanca y suave, con una gravedad específica baja de 0,42. En el sureste de Asia las flores de esta especie son muy apetecidas como comestible y el follaje es utilizado como forraje, el cual contiene cerca de 36% de proteina (6, 9).

En Indonesia las plantaciones se cosechan en rotaciones de 5 años para leña. En la India se obtienen crecimientos de 8 m en altura y diámetros promedios de 10 cm a los 3 años de edad (10).

Puede plantarse densamente con unos 3.000 árboles/ha y se han obtenido rendimientos de 20 - 25 m^3/ha/año de madera. Esta especie puede propagarse por estacas o plántulas y la semilla puede sembrarse directamente en el campo; produce alta nodulación en las raíces.

En Vietnam esta especie es utilizada bajo sistemas agroforestales en asocio con arroz y árboles frutales. Se reportan crecimientos a 6 meses de edad de 3 - 4 m de altura y 4,8 cm de diámetro a 0,5 m sobre el nivel del suelo.

En China se utilizan espaciamientos de 2 - 3 m entre hileras y 0,30 - 35 m dentro de la hilera, mientras que en Vietnam las plantas son transplantadas al campo a los 3 meses de edad a un espaciamiento de 1,0 x 0,5 m.

*Albizia falcataria** (L.) Backer. (A. *moluccana* Miq.)

Es una especie nativa de las Islas Molucas e introducida en Java y distribuida en el este de Asia (Malasia, Sri Lanka, Filipinas, Fiji), y en Africa (Kenya, Nigeria, Rodesia, Uganda, Zanzibar).

Es un árbol de crecimiento rápido, posee copa rala y fuste recto, madera blanda muy usada en forma contrachapada para cajas de té. El uso de la madera como leña es moderado. En Sri Lanka esta especie crece en zonas con altitudes cercanas a los 600 msnm y con 2.000 - 5.000 mm de precipitación.

Es una especie intolerante a la sombra y la competencia de las copas. Por esto son necesarios los raleos para reducir la densidad inicial a unos 250 árboles/ha a los 4 - 5 años y a 150 árboles/ha a los 10 años en sitios buenos. Puede crecer en suelos infértiles con buen drenaje y tiene un efecto mejorador del suelo debido al desarrollo de nódulos en las raíces.

En la República de Vanuatu (New Hebrides) A. *falcataria* es la especie introducida con mejor crecimiento, puede alcanzar 30 m de altura total y 65 cm de DAP a los 13 años, y un crecimiento medio anual de 52 m^3/ha/año, además es muy tolerante a diferentes clases de sitio (1).

En Fiji se han obtenido buenos resultados en suelos fértiles, a los 8,5 años de edad con 17 m de fuste limpio y un diámetro de 47 cm resultando en una producción de

* Descripción basada en la publicación: STREETS, R.J. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford, Clarendon Press, 1962. pp 166 - 169.

42 m^3/ha/año. En Malasia se han obtenido rendimientos de 13 - 37 m^3/ha/año. Se planta a 3,5 x 3,5 m y es fuertemente raleada. En Malasia crece razonablemente bien en suelos pobres. Arboles dominantes pueden alcanzar de 14 - 18 m de altura a los 3 años de edad en sitios buenos y de 7 - 12 m en sitios pobres. Esta especie es muy utilizada en el control del zacate *Imperata cylindrica*.

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit

Esta especie pertenece al género de leguminosas mayormente originario de la América Tropical. El gran interés que ha despertado este árbol en los últimos años por los diferentes usos que se puede dar a la madera y el follaje, ha promovido el establecimiento de parcelas experimentales en muchos paises tropicales.

Leucaena presenta características de rápido crecimiento, sistema radical bien desarrollado y profundo, alta efectividad en su asociación con el *Rhizobium* para la fijación de nitrógeno.

Las óptimas condiciones para su desarrollo son: clima tropical, con precipitación de 600 - 1.700 mm por año y un rango de tolerancia de 250 mm - 4.000 mm, bien distribuida en elevaciones bajas cerca de 500 msnm; crece en suelos bien drenados con pH de 5 a 8,5. Al parecer la acidéz del suelo es el factor más limitante para el desarrollo de la *Leucaena*.

Puede alcanzar crecimiento de 5 m en un año, 10 m en 3 años, y 20 m a los 6 años de edad. Tiene una productividad de forraje de 12 - 20 toneladas de materia seca/ha/año a los 2,5 años. El follaje de esta especie es utilizada como forraje puro para ganado aunque en grandes proporciones puede tener problema por la mimosina, o utilizarse mezclado con otras especies.

La madera de esta especie es densa, fuerte y dura, con una gravedad específica entre 0,54 - 0.70. Las fibras son cortas con buena capacidad para producción de papel. Puede ser utilizada para fabricar láminas de madera prensada. Como combustible tiene un valor calórico de 4.200 - 4.600 kcal/kg, y puede ser utilizada como madera para combustible en plantas eléctricas accionadas por vapor. También es utilizada para fabricar carbón vegetal de buena calidad. Para lograr el máximo rendimiento de madera para leña se recomienda un ciclo de rotación de 4 años, aprovechando el rebrote de cepas que se regeneran fácilmente aunque esto depende más del tamaño del producto deseado.

Esta especie es originaria de México y fue introducida en las islas del Pacífico, Filipinas, Indonesia, Papua Nueva Guinea, Malasia y en el este y oeste de Africa. En Vanuatu fue introducida hace unos 50 años y su principal uso ha sido para forraje (1).

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

a. Evaluar el comportamiento inicial en vivero y en el campo de cinco especies: *Acacia auriculiformis*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala* y *Sesbania grandiflora* en dos sitios diferentes de Costa Rica.

b. Medir y comparar la sobrevivencia y el crecimiento en altura entre las especies y entre los sitios en relación con las características físicas y químicas del suelo.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 DESCRIPCION DE LOS SITIOS

Sitio 1: Centro Regional de la Universidad Nacional en Pérez Zeledón, (San Isidro del General) Sitio 2: En terrenos de la facultad de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica en la finca "La Balsa", localizada en Santa Clara, 17 km del centro de Ciudad Quesada (San Carlos).

El Cuadro 1 presenta los datos climatológicos de los dos sitios.

Cuadro 1. Localización y datos climatológicos de los dos sitios.

SITIO	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (msnm)	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual* (°C)
San Isidro del General	09°22'	83°42'	700	3.084	23
San Carlos (Finca "La Balsa")	10°21'	84°32'	160	2.943	26

Precipitación promedio mensual** para los dos sitios:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
San Isidro del General	37	17	40	139	363	351	341	395	427	549	315	110	3.084 mm
San Carlos (Finca "La Balsa")	65	92	45	84	227	241	404	351	379	292	435	328	2.943 mm

* Promedio del año 1979
** Promedio de tres años 1978 - 79 - 80

4.2 DESCRIPCION DE LOS SUELOS

De acuerdo al mapa preliminar en escala 1:200.000 de las asociaciones de subgrupos de suelo de Costa Rica (7), los suelos estudiados tienen las siguientes características:

- San Isidro, categoría Ultisoles
- Suelo principal: Ustoxic palehumult
- Suelos asociados: Aeric Tropaquept
- Características: Suelo rojizo profundo y arcilloso con baja saturación de bases (ácido), en regiones de pie de monte, asociado con suelos de mal drenaje en las depresiones (latosol rojo amarillento).
- San Carlos, categoría Inceptisoles
- Suelo principal: Typic humitropept
- Suelos asociados: Andic humitropept
- Características: Suelo profundo, poco desarrollado, bajo contenido de bases con riesgo de inundación; en valles aluviales

4.3 OBTENCION DE LA SEMILLA Y PRODUCCION DE PLANTAS

Las semillas de las especies *A. auriculiformis*, *A. falcataria*, *C. calothyrsus* y *S. grandiflora* fueron recolectadas en Java, Indonesia. A excepción de *L. leucocephala*, las semillas antes de ser puestas a germinar se colocaron durante 18 horas en agua caliente. Estas semillas se sembraron en hileras cubriéndolas con una capa fina de arena en cajas con una mezcla de arena de río colada y suelo infértil (subsuelo) en igual proporción en un invernadero bajo 50% de sombra aproximadamente. Al día siguiente de la siembra se aplicó una dosis de fungicida de cobre "Cupravit" 2 g/litro.

Las plántulas se repicaron a bolsas plásticas de 0,5 litros de capacidad y de 2,5 - 4 cm de altura, las cuales se llenaron con la siguiente mezcla de suelo:
partes por volumen: suelo de bosque 2
compost de vivero....1
arena de río 1
y fertilizante N:15:P15:K15,50 g/20 litros de suelo aproximadamente. Las plántulas una vez repicadas permanecieron sombreadas durante una semana. El Cuadro 2 muestra la cantidad de plantas disponibles al 15 de setiembre de 1980.

Las plántulas de *L.leucocephala* se produjeron a partir de semilla recolectada de parcelas experimentales de 7 meses de edad en Sebadilla, Alajuela, Costa Rica. Estas parcelas se establecieron con semillas de *L. leucocephala* K-8* procedente de Hawaii. La semilla recolectada se regó al voleo en eras de germinación en las que se había regado encima "cuita de gallina" como abono.

Posteriormente las plántulas se repicaron a bolsas plásticas llenas con suelo y "cuitas de gallina" (por cada carretillo de suelo, 4 paladas de cuita de gallina), donde se criaron hasta alcanzar una altura promedio de 45 cm aproximadamente.

---

* Comunicación personal con el Ing. Hermes Villegas, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Cuadro 2. Procedencia e información general de las cinco especies.

Especie	Procedencia	Fecha de recolección	Fecha entrada en BLSF*	No. de lote BLSF*	No. de lote del vivero	Cantidad (g)	Semillas No./g	Germinación (%)	Plántulas disponibles al 15/09/80
Acacia auriculiformis	Java	09/79	05/80	945	377	55	58	55	422
Calliandra calothyrsus	Java	09/79	05/80	943	374	80	20	67	521
Sesbania grandiflora	Java Jogjakarta	12/79	05/80	944	375	90	18	38	505
Albizia falcataria	Java Central	08/79	05/80	946	376	90	43	5	617
*Leucaena leucocephala***	Sebadilla, Alajuela, Costa Rica	--	--	--	386	--	18	--	759

* Banco Latinoamericano de Semillas Forestales. CATIE.

** Semillas recolectadas y plántulas producidas en el vivero del ICE, Sebadilla de Alajuela.

4.4 PREPARACION DE LOS SITIOS

La vegetación existente en San Isidro del General antes de establecer los experimentos estaba formada por gramineas y gran cantidad de arbustos; ésta vegetación se eliminó con machete hasta dejar completamente limpio el terreno. En San Carlos se preparó el terreno empleando una cortagrama (chapeadora) mecánica, con la que se cortó el pasto "zacatón" (*Paspalum* sp) que se había establecido en el área, anteriormente dedicada al pastoreo. Una semana antes de la plantación se hizo una aplicación de herbicida, 1.500 cc de gramoxome (paraquat) y 2 kg de Karmex (diurón) por dos estañones de agua de 55 gl cada uno).

En ambos sitios se hicieron hoyos de aproximadamente 15 cm de diámetro por 20 cm de profundidad a un distanciamiento de 2 x 2 m. El experimento se plantó el 24 de setiembre y el 11 de noviembre de 1980 en San Isidro y San Carlos respectivamente.

4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco replicaciones y cinco parcelas (una especie por parcela) en cada repetición. Las parcelas contienen 36 árboles en una área de 144 m^2 cada una.

Las parcelas no tienen líneas de borde entre ellas por falta de plantas de cada especie, pero si tienen una línea de borde de la misma especie de la parcela en el perímetro del experimento.

4.6 ANALISIS DE SUELOS

Con el fin de conocer y detectar posibles diferencias respecto a las características físicas y químicas entre los suelos de los sitios estudiados se sacó una muestra de suelo en el centro de cada parcela a dos profundidades, de 0-5 cm y de 5-25 cm respectivamente. En el Laboratorio de Suelos del CATIE se determinaron las propiedades químicas siguiendo la metodología descrita por Díaz-Romeu y Hunter (3) y las propiedades físicas de acuerdo a la metodología descrita por Forsythe (5). Las variables analizadas fueron pH, acidéz extraible, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio y textura.

4.7 MEDICIONES Y OBSERVACIONES

Para obtener la germinación de las semillas se colocó un lote de 200 semillas de cada especie (a excepción de *Leucaena*) en cajas dentro de un invernadero, (como se describió en 4.3). La cantidad de semillas germinadas se registraron por un período de 74 días.

Las mediciones de altura total del eje principal en decímetros y la sobrevivencia en porcentaje de todas las plantas de cada parcela se determinaron a los 2, 4, 6, 12, 18 y 24 meses de edad después de plantadas en el ensayo de campo.

Con el objeto de conocer el desarrollo radical de las especies y de identificar la presencia o no de módulos en las raíces se hicieron observaciones al azar en las diferentes especies.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 GERMINACION DE LAS SEMILLAS*

El porcentaje total de germinación por especie fue el siguiente: *Calliandra calothyrsus* (67%), *Acacia auriculiformis* (55%), *Sesbania grandiflora* (38%) y *Albicia falcataria* (25%).

En la Figura 1 se puede observar que tanto el porcentaje germinación como la energía de germinación, es decir, el período de tiempo en que se obtuvo la mayor germinación fue diferente entre las especies. Después de los 36 días el porcentaje de germinación permaneció casi constante para las diferentes especies hasta los 74 días en que se hizo la evaluación.

A. falcataria presentó una energía de germinación rápida en comparación con las demás especies, obteniéndose a los 6 días el mayor porcentaje de germinación, mientras que para *C. calothyrsus*, *A. auriculiformis* y *S. grandiflora* la energía de germinación se alcanzó aproximadamente a los 28 días. A partir de esta fecha el porcentaje de semillas que germinaron fue muy bajo.

Aunque en promedio el porcentaje total de germinación fue bajo, posiblemente haya afectado el período de almacenamiento o transporte en que las semillas hubieran permanecido sin una temperatura adecuada, o por la calidad misma de la semilla.

5.2 CRECIMIENTO Y PRESENCIA DE NODULOS EN EL VIVERO

Las plantitas con alturas promedio entre 2,5 a 4 cm, fueron transplantadas a las bolsas plásticas. A los 3 meses de edad aproximadamente antes de que las plantas se llevaran al campo para ser plantadas, alcanzaron alturas muy variadas entre las especies. *A. auriculiformes* y *A. falcataria* fueron las especies que crecieron más lento con alturas promedios entre 20 - 25 cm, mientras que *S. grandiflora* y *C. calothyrsus* alcanzaron altura promedio entre 30-35 cm y *L. leucocephala* se plantó con una altura promedio de 45 cm.

En general el manejo de las especies en el vivero no tuvo mayores complicaciones a excepción del control de hormigas y el deshierbe manual.

---

* Para *L. leucocephala* no se determinó el porcentaje de germinación.

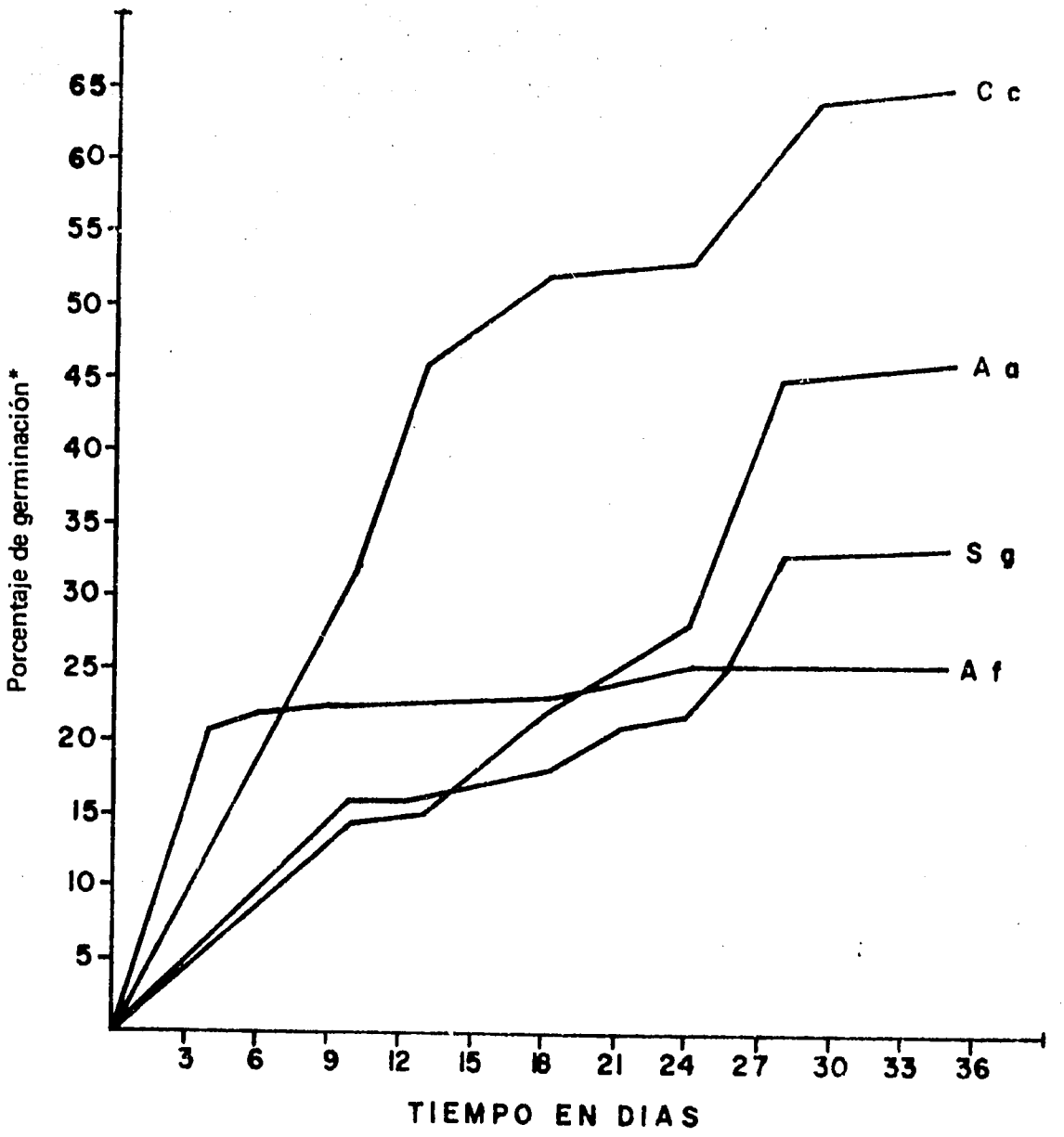


Fig. 1. Curvas acumulativas de germinación de semillas para *Acacia auriculiformis* (Aa), *Calliandra calothyrsus* (Cc), *Albizia falcataria* (Af) y *Sesbania grandiflora* (Sg).

* Basado en 74 días.

El desarrollo del sistema radical en las bolsas plásticas de las diferentes especies aparentemente fue satisfactorio debido a que no se observó anomalías. *L. leucocephala* y *A. auriculiformis* desarrollaron un sistema radical caracterizado por una raíz principal pivotante y vigorosa y raices secundarias en regular cantidad. *S. grandiflora* presentó un sistema radical con una raíz pivotante más larga y gruesa, así como una menor cantidad de raices sencundarias. Probablemente el tamaño de la bolsa limitó el desarrollo radical de esta especie. *C. calothyrsus* presentó una raíz pivotante de menor dimensión que las anteriores pero con mayor cantidad de raices secundarias y *A. falcataria* presentó un sistema radical caracterizado por gran cantidad de raices secundarias muy finas y sin la presencia de una raíz pivotante típica como la desarrollada por las demás especies (Foto 1, Apéndice 2).

A pesar de que no se utilizó ninguna forma de *Rhizobium* inoculante, las cinco especies desarrollaron buena cantidad de nódulos en las raices, los cuales al ser cortados transversalmente presentaban una coloración café-rosado, que según Sistachs y López (8) es signo de que los nódulos producidos pueden tener capacidad para fijar nitrógeno. Esto puede explicarse por el hecho de que en el suelo utilizado en las bolsas se encontrará en forma natural la bacteria que forma los nódulos de estas leguminosas, como sucede en muchas leguminosas tropicales. Sin embargo, la efectividad y capacidad de fijación de nitrógeno por los nódulos producidos por estas leguminosas requiere de estudios más específicos.

5.3 PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

Los porcentajes de sobrevivencia a los 2 meses de edad, antes del replante, fueron altos para las 5 especies en San Isidro, mientras que en San Carlos fueron más bajos especialmente la *Sesbania*. Posiblemente haya afectado la alta humedad y la precipitación que hubo en los días posteriores a la plantación.

En el caso de *S. grandiflora* en San Carlos, a partir de los dos meses se comenzó a notar un aumento en la mortalidad y a los 6 meses las plantas habían muerto en un 87%; algo similar sucedió en San Isidro. Las plantas que comenzaban a morirse presentaban fuertes daños de defoliación y ataque de hormigas. Las raices también presentaban daños, lo cual se ha encontrado en otros estudios (6) en los que se reporta la alta suceptibilidad de esta especie al ataque de nemátodos. Sin embargo en el presente estudio no se identificó cual fue la causa específica de la mortalidad de las plantas.

5.4 CRECIMIENTO EN ALTURA

Las Figuras 2 y 3 muestran el crecimiento e incremento en las alturas totales promedios de las especies durante el período de observación. Se encontraron diferencias altamente significativas entre sitios en relación al crecimiento en altura y al porcentaje de sobrevivencia. Sin embargo por sitio se encontraron diferencias principalmente entre especies aunque a los 24 meses de edad estas diferencias permanecieron en San Isidro y no en San Carlos. (Cuadro A del Apéndice 1).

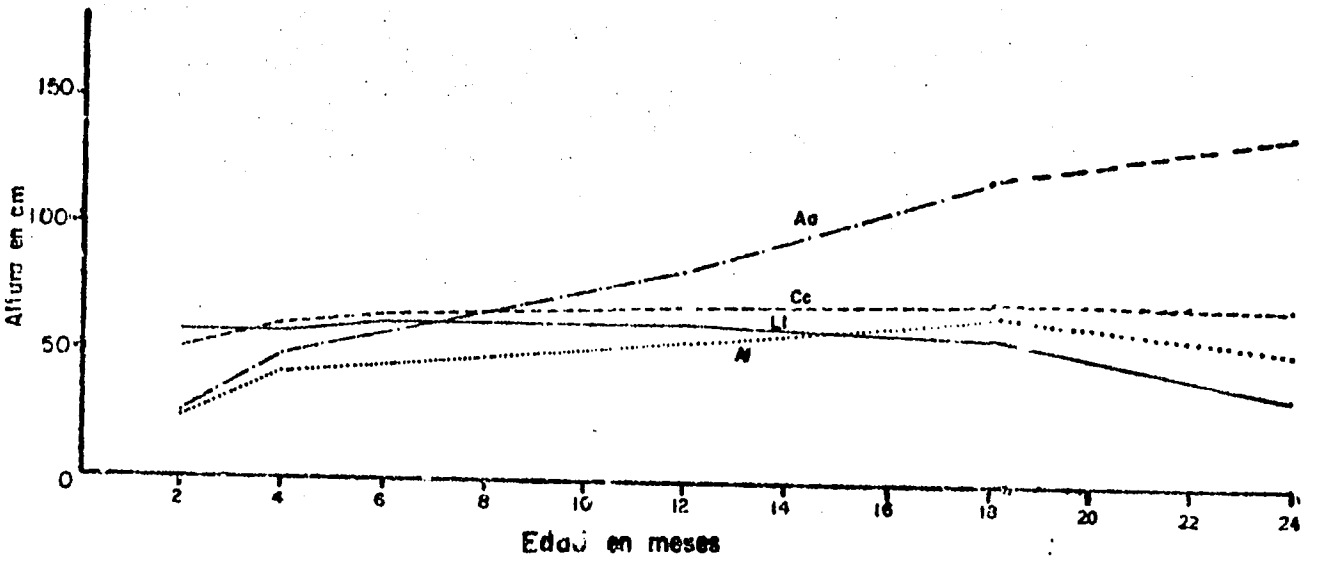


Fig. 2 Curvas de altura para Acacia auriculiformis (Aa), Calliandra calothyrsus (Cc), Albizia falcataria (Af) y Leucaena leucocephala (Ll) en San Isidro de Pérez Zeledón

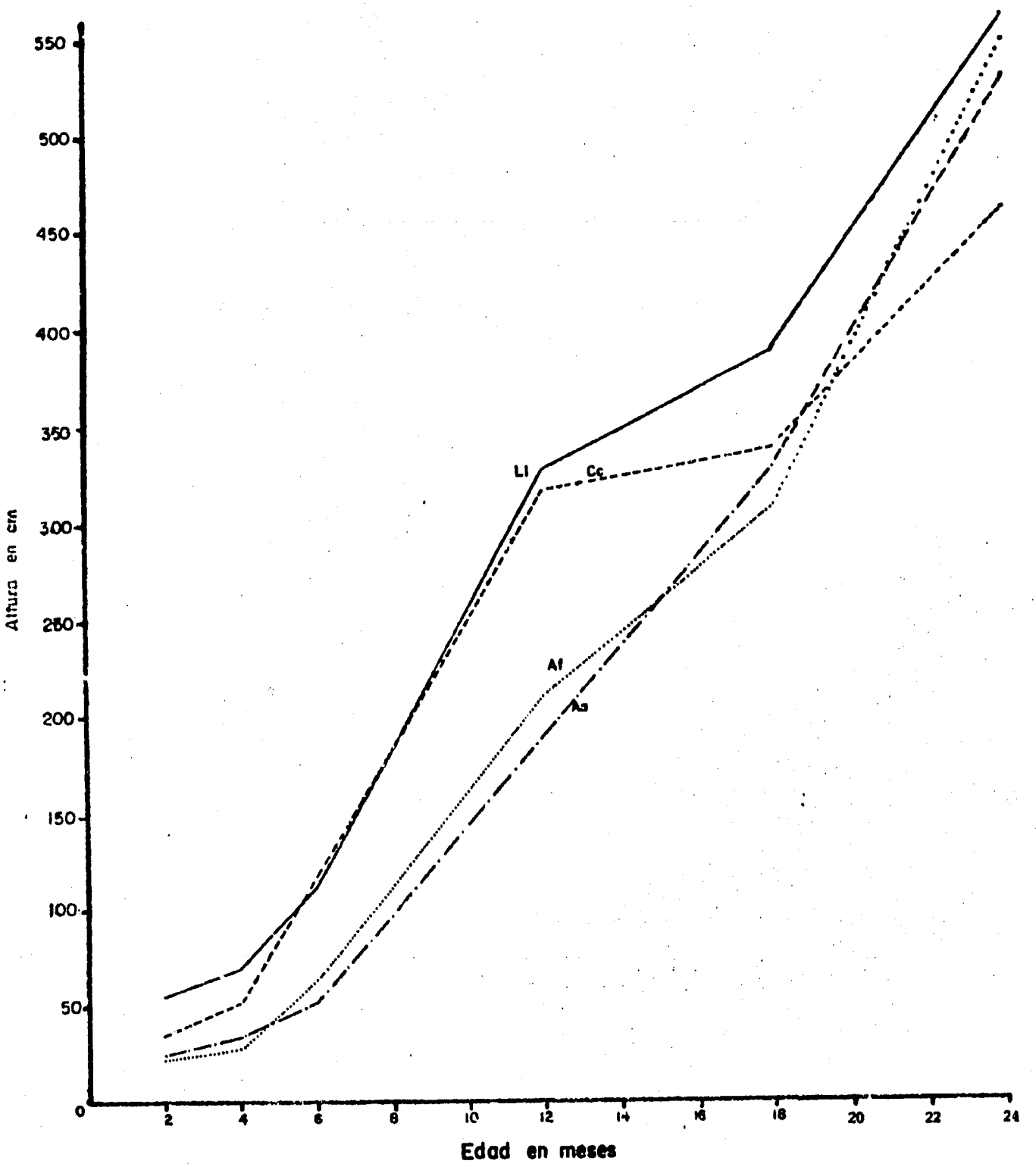


Fig. 3 Curvas de altura para Acacia auriculiformis (Aa), Calliandra calothyrsus (Cc), Albizia falcataria (Af), Leucaena leucocephala (Ll) en Santa Clara de San Carlos

En el caso de San Isidro el crecimiento en altura de las especies fue pobre y se aprecia un estancamiento (Fotos 3 y 4, Apéndice 2). De los 2 a los 4 meses de edad las especies tendieron a crecer aunque en forma muy lenta en comparación con San Carlos, a partir de los 4 meses hasta los 24 meses las especies casi no manifestaron crecimiento (Cuadro 4). *A. auriculiformis* alcanzó la mayor altura con un promedio de 138 cm (Foto 3 Apéndice 2) y se nota una tendencia en forma ligeramente creciente mientras que las restantes especies, la tendencia de altura tiende a estabilizarse e inclusive a decrecer debido a que en algunas de las plantas parte de la copa ha muerto y ha sido fuertemente defoliada por hormigas.

En San Carlos el crecimiento desde el principio fue muy superior al de San Isidro. Se observa en la Figura 3 que al año de edad *A. falcataria* y *A. auriculiformis* presentan una altura similar con 211 y 189 cm respectivamente, mientras que *L. leucocephala* y *C. calothyrsus* mostraron un crecimiento mucho mayor pero semejante entre ellas con 328 y 317 cm respectivamente. Las especies en San Carlos a excepción de *S. grandiflora* experimentaron un crecimiento mayor a partir de los 4 meses de haberse plantado.

Las parcelas de *C. calothyrsus* en San Carlos a los 12 meses de edad comenzaron a cerrar el dosel (Foto 5, Apéndice 2) no así en las parcelas de *A. falcataria*, *L. leucocephala* y *A. auriculiformis* (Fotos 6, 7, 8, Apéndice 2) que aún mantenían adecuado espacio para el crecimiento. A partir de esta edad *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* mostraron una disminución en el crecimiento en altura entre los meses de noviembre y mayo, que incluye el período de menor precipitación en el área del estudio, por lo que se deduce que posiblemente estas dos especies sean más suceptibles a la precipitación. Posteriormente aumentaron su crecimiento, aunque *C. calothyrsus* en menor grado, siendo la especie que a los 24 meses de edad alcanzó menor crecimiento en altura, lo que aparentemente es un indicador de que la especie puede ser utilizada para leña en turnos cortos de rotación, e igualmente puede ser un indicador de que el sitio no es apto y que la especie podría crecer más en mejores sitios donde no se estanca el agua como sucedió en algunos meses con mayor precipitación en el área de estudio.

Cuadro 4. Altura y porcentaje de sobrevivencia a los 6, 18 y 24 meses de edad.

SITIO	SAN CARLOS					
	Altura en cm			Sobrevivencia en %		
Edad en meses	6	18	24	6	18	24
A. auriculiformis	64	333	530	61	58	58
A. falcataria	51	289	555	71	56	55
C. calothyrsus	117	323	462	83	69	55
L. leucocephala	111	387	564	89	83	80
SITIO	SAN ISIDRO					
A. auriculiformis	57	119	138	78	74	65
A. falcataria	45	65	52	63	54	41
C. calothyrsus	65	72	70	74	63	53
L. leucocephala	61	57	37	89	77	57

5.5 RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELOS

El análisis de variación de los elementos químicos y propiedades físicas para los dos sitios mostraron diferencias altamente significativas. En general tanto las propiedades químicas como las físicas se encuentran en mayor y mejor proporción en San Carlos que en San Isidro.

De acuerdo a los patrones estandar de comparación (3) las diferencias más grandes en cuanto a elementos químicos fueron para P, K, Ca, Mg los cuales se encuentran en niveles altos en San Carlos y con niveles de bajo a muy bajos en San Isidro (Cuadro B del Apéndice 1). La materia orgánica resultó con niveles altos en ambos sitios, con promedios de 7% en los primeros 5 cm de profundidad y de 5% en los siguientes 25 cm. Algo similar sucedió con el nitrógeno (N) el cual tuvo niveles altos en la primera profundidad con porcentajes promedios de 0,37 y de 0,27 en San Carlos y San Isidro respectivamente, lo que puede ser explicado por la relación que existe entre el contenido de materia orgánica y del nitrógeno.

El pH resultó ligeramente ácido en San Carlos con un promedio de 5,9 y medianamente ácidos en San Isidro con un promedio de 5,4 para las dos profundidades. La acidéz extraíble resultó con promedios similares de 0,25 y 0,24 para las dos profundidades en San Carlos y valores más altos en San Isidro con promedios de 1,30 y 0,40 meq/100 ml de suelo.

La compactación del suelo observada en San Isidro puede ser explicable por los valores encontrados de los agregados del suelo, debido a que en San Isidro los porcentajes de arena disminuyen drásticamente hasta en un 38% menos especialmente después de los primeros 5 cm, mientras que los promedios de arcilla aumentan fuertemente en un 44%. El suelo en San Carlos tiene una textura franco en la mayoría de las parcelas de 0-5 cm de profundidad y franco-arcilloso de 5 - 25 cm, mientras que en San Isidro es franco-arcilloso-arenoso en los primeros 0-5 cm y arcilloso de 5 - 25 cm de profundidad.

5.6 RELACION ENTRE CRECIMIENTO Y VARIABLES EDAFICAS

El pobre crecimiento de las especies obtenido en San Isidro en comparación con San Carlos puede ser explicable por los bajos niveles de los elementos químicos como K, Ca, Mg y especialmente P, el cual afecta el adecuado desarrollo radical, al igual que el PH más ácido. Los altos porcentajes de arcilla y la compactación limitaron el drenaje la areación del suelo y posiblemente el desarrollo radicular. La comparación que presenta el suelo a partir de los 20 cm de profundidad en San Isidro hace suponer que este sea uno de los factores que más haya afectado el crecimiento de las especies en este sitio.

El muestreo para determinar el desarrollo de las raíces en San Isidro al año de edad, permitió verificar que las especies se vieron imposibilitadas para desarrollar un adecuado sistema radical. Las raices de las especies, presentaban una raíz principal corta y abultada, con pocas raices secundarias, un buen ejemplo del mal desarrollo radical lo presentó *L. leucocephala* (Foto 2, Apéndice 2). Esta anomalía en la raíz se observó en menor grado en las plantas de *A. auriculiformis*, que fue la especie con mejor desarrollo en San Isidro.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El porcentaje total de germinación para las especies estudiadas, a excepción de *Leucaena*, fue bajo y muy diferente entre las cuatro especies, al igual que la energía de germinación.

En general el manejo de las especies en el vivero no tuvo mayores complicaciones a excepción del control de hormigas y el deshierbe manual.

Después de 2,5 - 3,0 meses de edad en el vivero las especies se plantaron en el campo aunque con alturas muy diferentes entre especies.

El desarrollo radical de las especies en las bolsas plásticas aparentemente fue satisfactorio aunque diferente entre las especies. Las cinco especies presentaron alta producción de nódulos en las raices.

El porcentaje de sobrevivencia en el campo a los 6 meses de edad fue regular en los dos sitios estudiados mientras que a los 24 meses fue relativamente bajo. Las plantas de *S. grandiflora* murieron a los 6 meses de haberse plantado.

La diferencia en altura de las especies durante el período de observación alcanzó diferencias altamente significativas entre sitios siendo en San Carlos muy superior desde el inicio en comparación con San Isidro en donde las plantas presentaron un estancamiento en el crecimiento.

A pesar de los rendimientos alcanzados por *S. grandiflora* en otras partes del mundo, en el presente estudio las plantas no prosperaron en los dos sitios estudiados.

Las propiedades físicas y químicas de los suelos fueron significativamente diferentes. En general estas propiedades se encuentran en mayor y mejor proporción en San Carlos que en San Isidro, siendo el suelo más pesado y compactado en San Isidro, especialmente después de los 20 cm de profundidad, lo que hace suponer que este fue el factor que más influyó en el desarrollo radical de las plantas.

Las diferencias más grandes en cuanto a elementos químicos fueron para Ca, Mg, y K y P los cuales se encuentran en niveles de bajo a muy bajos en San Isidro y altos en San Carlos. El pH resultó más bajo en San Isidro con una ácidez extraible y contenidos de arcilla superiores en comparación con San Carlos.

A pesar de que las especies desarrollaron gran cantidad de nódulos en las raices, se requiere de estudios más específicos para determinar la efectividad y fijación de nitrógeno por los nódulos.

7. LITERATURA CITADA

1. BENNETT, R.M. The role of Agroforestry in Vanuatu. Environment and Policy Institute. East-West Center. Honolulu, Hawaii, USA. Paper presented at workshop on Environmentally-Sustainable Agroforestry and Fuelwood Production with East-Growing, Nitrogen-Fixing, Multi-Purpose Legumes. Nov. 12 to 20, 1981. 8 p.

2. CSIRO. Australian Acacias, *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. Canberra, No.8. 1980. pp. 1-2.

3. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Centroamericano de Fertilidad de suelos, 1978. 62 p.

4. DIJKMAN, J.M. La *Leucaena glauca* como una planta prometedora para la agricultura de El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería Departamento de Divulgación Agropecuaria, Santa Tecla, El Salvador. Boletín Técnico No.22, 1958. 16 p.

5. FORSTYHE, W.M. Manual de laboratorio de física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Libros y Materiales Educativos, No.25, 1975. 212 p.

6. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Firewood crops, shrub and tree species for energy production. Washington, D.C. 1980. 237 p.

7. PEREZ, S., ALVARADO A. y RAMIREZ, E. Mapa preliminar de las asociaciones de sub-grupos de suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. 1978, escala 1:200.000.

8. SISTACHS, E. y LOPEZ, M. Bacteriología de las leguminosas tropicales, In. Los Pastos en Cuba. Habana, Cuba, Asociación Cubana de Producción Animal. Tomo 1. 1979. 167-197.

9. VIETMEYER, N. Revegetation using selected species. In. Proceedings of the U.S. Strategy Conference on Tropical Deforestation. Washington, D.C., U.S. Departament of state and the U.S. Agency for International Development. 1978. pp 48-50.

10. VIETMEYER, N. Arboles leguminosos tropicales: arma secreta contra la deforestación. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Ceres Set.-Oct. 1979:38-41.

APENDICE 1

Cuadro A. Valores de F y la significancia para el análisis de variaza de las variables de altura y arco sano de sobrevivencia a los 6, 18 y 24 meses de edad.

SAN CARLOS	Altura en cm			Sobrevivencia en %		
	Edad en meses			Edad en meses		
Fuente de variación	6	18	24	6	18	24
Especie	133,50***	4,16*	2,08 NS	28,80***	18,90***	19,56***
Repetición	5,30*	2,80 NS	0,81 NS	0,22 NS	0,24 NS	0,47 NS
SAN ISIDRO						
Especie	2,93 NS	8,25**	13,49***	7,44**	3,16 NS	3,98*
Repetición	0,66 NS	1,08 NS	2,82 NS	0,86 NS	0,97 NS	3,18 NS

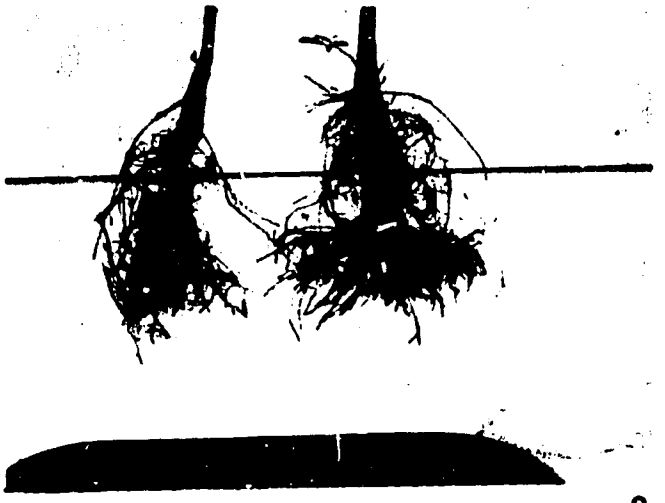
* diferencia significativa= $P \leq 0,05$; **= $P \leq 0,01$; ***= $P \leq 0,001$
NS = No significativo

Cuadro B. Promedios del análisis de suelo para los dos sitios estudiados.

SITIOS	SAN CARLOS		SAN ISIDRO	
Profundidad en cm	0-5	5-25	0-5	5-25
pH	5,8	6,0	5,4	5,4
N (%)	0,37 A	0,27 me	0,51 A	0,20 me
P ug/ml	12,3 me	10,6 me	5,5 b	1,9 mb
K meq/100 ml de suelo	0,64 A	0,60 A	0,19 me-b	0,07 mb
Ca meq/100 ml de suelo	13,6 me-A	15,0 me-A	0,6 mb	0,3 mb
Mg meq/100 ml de suelo	6,1 A	6,1 A	0,4 mb	0,2 mb
M.O (%)	6,7 A	4,8 me-A	6,9 A	5,1 me-A
Acid. Ext. meq/100 ml de suelo	0,25	0,24	1,30	0,40
Arena (%)	57,0	42,0	54,5	15,8
Limo (%)	34,0	32,0	23,5	17,9
Arcilla (%)	20,0	25,0	22,0	66,3

Códigos: me= medio; b= bajo; mb= muy bajo; A= alto

1



2

3

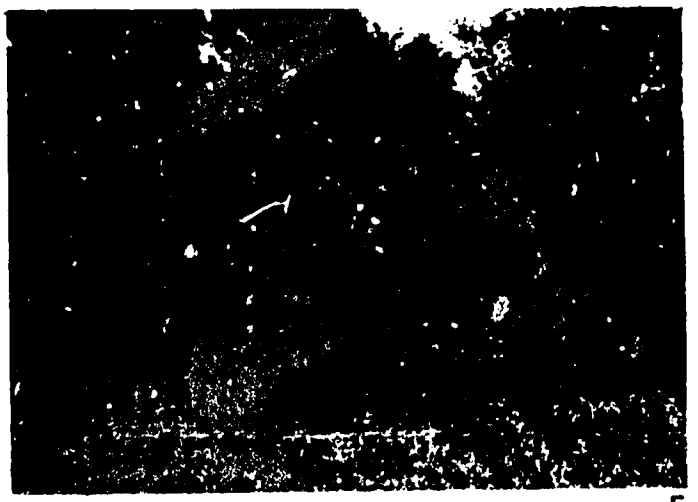
4

1—Sistema radical y presencia de nódulos, de izquierda a derecha, *Sesbania grandiflora, Acacia auriculiformis, Albizia falcataria* y *Calliandra calothyrsus* antes de ser plantadas en el campo.

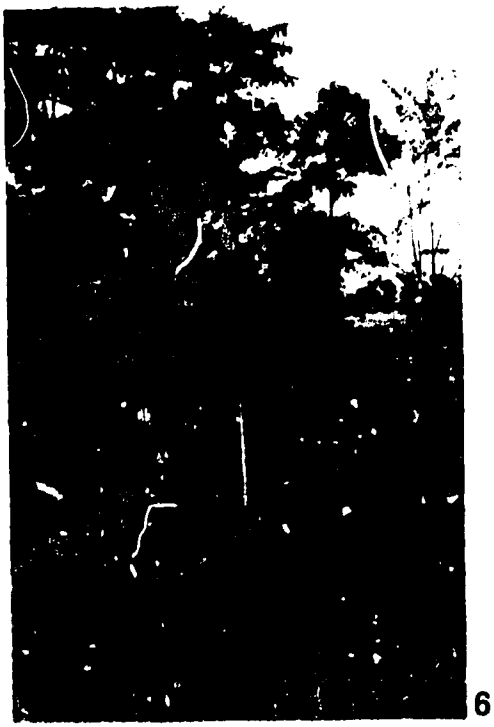
2—Sistema radical de dos plantas de *Leucaena leucocephala* a un año de edad en San Isidro de Pérez Zeledón.

3—Altura de una de las plantas más altas de *Acacia auriculiformis* a un año de edad en San Isidro de Pérez Zeledón.

4—Altura de *Leucaena leucocephala* a un año de edad en San Isidro de Pérez Zeledón.



5



6

7

8

5—Parcela de *Calliandra calothyrsus* a un año de edad con 3,20 m de altura promedio en Santa Clara de San Carlos.

6—Parcela de *Albizia falcataria* a un año de edad con 2,40 m de altura promedio en Santa Clara de San Carlos.

7—Parcela de *Leucaena leucocephala* a los 9 meses de edad con 2,50 m de altura promedio en Santa Clara de San Carlos, obsérvese la gran cantidad de semillas que produce esta especie.

8—Parcela de *Acacia auriculiformis* a un año de edad con 2,0 m de altura promedio en Santa Clara de San Carlos.