

Efecto de la inoculación de cepas nativas e introducidas de *Rhizobium* sobre la producción de materia seca en *leucaena* (*leucaena leucocephala* (Lam) de Wit).

Effect of the Inoculation of native and introduced stumps of *Rhizobium* on the production of dry matter in the leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam) of Wit).

J. J. Rincón ¹, T. Clavero ², R. Razz ², S. Pietrosemoli ²,
F. Mendez-Castro³, N. Noguera ⁴

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación de cepas de *Rhizobium* introducidas y nativas sobre la producción de materia seca en *Leucaena leucocephala*, se procedió a establecer una investigación bajo cobertizo. Se evaluaron 5 tratamientos de inoculación; tres con las cepas introducidas C.CUB. (cepa cubana); CC1 y CC2 (cepas comerciales), dos cepas nativas aisladas CNT1 y CNT2 de dos plantaciones de *Leucaena leucocephala* (Lam) Wit. ubicadas en el Municipio San Francisco del Estado Zulia, con coordenadas 10°33' latitud Norte, 71°39' longitud Oeste y un tratamiento testigo sin inocular. El diseño utilizado fue un completamente al azar, con 12 repeticiones por tratamiento, se realizaron 3 muestreos; a los 30 días (M1), 60 días (M2) y a los 90 días (M3), cosechando 4 plantas por tratamiento en cada muestreo. Se determinó la producción de materia seca aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST). Para la MSA se encontraron diferencias en el M2 (0,53 g/pta.) y M3 (0,93 g/pta.) (P<0,05), la cepa nativa CNT2 presentó los mejores promedios con 0,75 g/pta., seguido por el tratamiento C.CUB. con un promedio de 0,72 g/pta.. Para la MSR se encontraron diferencias (P<0,05) entre los tratamientos, la cepa C.CUB. presentó el mejor promedio para M1 con 0,31 g/pta. y la CNT2 para M2 y M3 con promedios de 0,91 y 1,05 g/pta. respectivamente.

Palabras clave: *Leucaena*, *Rhizobium*, inoculación, cepas nativas, materia seca.

Recibido el 14-9-2000 ● Aceptado el 14-12-2000

1 Departamento de Producción Animal – Agonomía- Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Barquisimeto - Lara E-Mail: jjringo@hotmail.com

2 Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo – Zulia.

3 Departamento de Agobiológicos – Agonomía- Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Barquisimeto – Lara.

4 Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) – Región zuliana, Maracaibo – Zulia.

Abstract

With the objective to study the effect of the inoculation of stumps of introduced *Rhizobium* and isolated native stumps of two plantations of *Leucaena leucocephala* (Lam) Wit an assay was conducted. The experiment was located in the county San Francisco of Zulia state located at 10°33' North, 71°39' NW, 5 inoculation treatments were mounted with the introduced stumps C.CUB.; CC1 and CC2, and with the native isolated CNT1 and CNT2 plus a Control without inoculation. A complete random design was used with 12 replications by treatments; they were evaluated through 90 days harvesting 4 plants every 30 days, for a total of 3 samplings. The production of dry matter was measured (MSA), radicular (MSR) total (MST). For the MSA their were difference for M2 and M3 ($P < 0.05$), the native stump CNT2 presented the best averages. For the MSR they were differences ($P < 0.05$) the C.CUB. presented the best average for M1 and the CNT2 for M2 and M3.

Key words: *Leucaena*, *Rhizobium*, inoculation, native stumps, dry matter

Introducción

Leucaena spp es un género de árboles y arbustos de leguminosas tropicales capaces de establecer interacciones con rizobios, la especie más conocida del género es *Leucaena leucocephala*, es una leguminosa de crecimiento arbóreo muy estudiada y utilizada en el trópico, debido a su alto potencial como fuente de forraje de excelente calidad (7,13).

Se recomienda la inoculación de la *Leucaena* con una línea preseleccionada de *Rhizobium* (5). La *Leucaena leucocephala* presenta alta especificidad en sus requerimientos de rizobios, ya que no todas las cepas que la nodulan pueden producir una eficiente fijación del nitrógeno (14,18). Otros investigadores (10) han observado que la *Leucaena* solo nodulaba con cepas aisladas de ella misma y que a su vez éstas cepas no nodularon al ser inoculadas en otras leguminosas, una posible explicación a ésta situación ha sido atribuida en parte a la

especificidad del *Rhizobium* y a la presencia de compuestos fenólicos en extractos de raíces de *Leucaena*. Se plantea la especificidad del *Rhizobium loti* para la *Leucaena* (10), también se reporta a *Rhizobium tropici* (1,19) y a *R. etli* (19).

Campos (4), en su trabajo de aislamiento de cepas autóctonas de *Rhizobium tropici* para inoculación de frijol en condiciones de suelos ácidos, consiguió que varias de las cepas nativas aisladas y reinoculadas con una densidad de 10^9 presentaron el mismo efecto positivo sobre el frijol que aquellas cepas de colecciones internacionales ya probadas y que fueron introducidas bajo las mismas condiciones.

El objetivo del presente trabajo fue conocer el efecto de la inoculación de cepas nativas e introducidas sobre el rendimiento de materia seca alcanzada por la *Leucaena leucocephala* en condición de vivero utilizando un suelo con bajo

contenido de fósforo y nitrógeno.

Materiales y métodos

Ubicación del aérea experimental. El ensayo se realizó, bajo condiciones controladas de laboratorio, en un cobertizo con techo de vidrio, ubicado en latitud norte de 10° 01' 25", longitud oeste 69° 17' 00" y a una altura sobre el nivel del mar de 510 m., la temperatura durante los 90 días de ensayo estuvo entre 25.4 – 26.5 °C en sus valores medios mensuales.

Características del suelo utilizado en el ensayo. El suelo empleado en ésta investigación se obtuvo en el municipio San Francisco del estado Zulia, la cual se encuentra climatológicamente ubicada en una zona con precipitación media anual de 450 mm y una temperatura promedio de 28 °C, la evaporación media anual llega a valores de 2100 mm, bajo condición de bosque muy seco tropical. Se caracteriza por presentar en la parte superior, areniscas friables de color pardo amarillento y de textura media gruesa, con algunas capas de limolitas pardo grisáceas y arcillitas de color pardo que pueden ser duras y ferrugiosas. Se clasifica taxonómicamente como Typic Haplargid, familia francosa fina (11). Presenta un horizonte argílico. Del análisis de las características del suelo se obtuvo la información siguiente (cuadro 1).

Producción de inoculo de las cepas de *Rhizobium* utilizadas en el ensayo.

Cepas nativas aisladas. Se aislaron de dos parcelas establecidas de *Leucaena*, de las cuales una se maneja en condiciones de secano y la otra está bajo riego durante el periodo

seco. En ambas parcelas se hizo un muestreo al azar de suelo, utilizando una técnica para muestreo de raíces (15); se realizaron 5 muestreos de la rizosfera en cada parcela, el suelo fue muestreado en una profundidad de 0 – 30 cm, de la primera parcela se aisló la cepa (CNT1) y de la segunda la cepa (CNT2).

Cepas introducidas.

Cepa cubana. Identificada como (C.CUB), probada con éxito en la nodulación de la leucaena en suelos ácidos. Esta cepa se utilizó como testigo representativo de aquellas cepas de *Rhizobium* que han sido introducidas al país como promisorias para ser utilizadas en la inoculación de leucaena. Esta muestra se sembró mediante rallado de la superficie de 10 cápsulas de Petrí que contenían medio de cultivo Agar Rojo Congo, siguiendo un proceso de aislamiento y purificación (12).

Cepa ULA. De la Universidad de Los Andes (ULA), se obtuvieron dos cepas. Se clasificaron para el ensayo como CC2 y CC1. La cepa fue adquirida como específica para la leucaena (*Rhizobium loti*) preparado por el Laboratorio de Botánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de los Andes. Para la purificación de las cepas (CC1 y CC2), se tomó 1 g de cada inoculo comercial y se diluyeron por separados en 10 ml de agua esterilizada hasta realizar una dilución de 10⁻⁴, siguiendo un proceso de aislamiento y purificación (12).

Tratamientos evaluados y el diseño experimental. El diseño experimental consistió en un completamente al azar, con un total de 6

tratamientos con 12 repeticiones cada uno siendo los tratamientos: 1) cepa comercial (CC1); 2) cepa comercial aislada (CC2); 3) cepa nativa (CNT1); 4) cepa nativa (CNT2); 5) una cepa (C CUB.) caracterizada como efectiva en la fijación de nitrógeno probada en Cuba; 6) siembra de semillas esterilizadas sin inoculación como testigo. Se realizaron 3 muestreos, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, en cada muestreo se cosecharon 4 repeticiones por tratamiento.

Variabes a Medir. Contenido de materia seca (MS): Los contenidos de materia seca aérea (MSA), de la raíz (MSR) y materia seca total (MST), se

determinaron después de secado en estufa a 70 °C por 48 horas y se expresaron en gramos por planta para cada tratamiento. Se determinó el Índice de eficiencia de la Inoculación (IEI) utilizando el procedimiento de propuesto por Sylvester *et al.* (17).

Análisis Estadístico. Se realizó a través del procedimiento de Proc GLM del Sistema de Análisis Estadístico computarizado (16), para las pruebas de análisis de la varianza y para las pruebas de medias se realizó el procedimiento LSMEANS y Correlación con PROC CORR del mismo paquete estadístico.

Resultados y discusión

Contenido de Materia Seca Materia Seca Aérea (MSA).

No se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de inoculación en el primer muestreo, mientras que si se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los distintos tratamientos y el control en los muestreos 2 y 3. Durante el muestreo 2, el tratamiento CNT2 con $0,91 \pm 0,05$ g de MSA/pta. presentó el mayor promedio y el control el menor promedio con $0,25 \pm 0,0$ g de MSA/pta. (cuadro 2). En el tercer muestreo se observaron diferencias entre los distintos tratamientos y entre estos y el control. Los tratamientos CC1, C.CUB. y CNT2 presentaron los mejores promedios ($P < 0,05$) con valores de 1,26; 1,15 y 1,05 g de MSA/pta. respectivamente, el valor más bajo correspondió al testigo con 0,39 g de MSA/pta.

El no observar diferencias en cuanto al contenido de materia seca

aérea (MSA), entre los tratamientos de inoculación y el control durante el primer muestreo, puede ser atribuido al lento crecimiento inicial de las plantas de leucaena y a la presencia de los cotiledones que parecen afectar el peso inicial de las plantas, lo cual pudo afectar el peso de muestreo.

Al observar la respuesta general de las cepas sobre el rendimiento de MSA durante los muestreos se encontró que el tratamiento CNT2 presentó el mayor promedio (0,75 g de MSA/pta.), le siguieron los tratamientos C.CUB. y CC1, los cuales presentaron valores promedios de 0,72 y 0,71 g MSA/pta. respectivamente, estos fueron seguidos por los tratamientos CC2 y CNT1 con valores de 0,55 y 0,48 g MSA/pta., superando al control, el cual mostró el rendimiento menor, solo alcanzó 0,27 g de MSA/pta.

Lo observado en la presente investigación coincide con lo reportado

Cuadro 1. Características Químicas y Físicas del suelo utilizado en el Ensayo.

Análisis Físico	
% de arena	81,25
% de limo	14,85
% de arcilla	3,90
Clase textural	AF
Sat. Hum. %	13
Análisis Químico	
C.I.C meq /100 g	2,50 – 1,80
Reacción: pH (1:2)	6,7 (neutro)
Salinidad (ds/m)	0,16 (bajo)
Materia orgánica (%)	0,7 (muy bajo)
Fósforo (ppm)	20 (medio) = 0,32 meq /100 g
Potasio (ppm)	91 (bajo) = 0,233 meq /100 g
Calcio (ppm)	1039 (medio) = 5,195 meq /100 g
Magnesio (ppm)	70 (bajo) = 0,58 meq /100 g

Cuadro 2. Materia seca aérea promedio por tratamientos y por muestreo (g/pta.).

Tratamientos	Muestreo 01	Muestreo 02	Muestreo 03	Promedio por tratamiento
Control	0,23 ± 0,19 a	0,25 ± 0,08 c	0,39 ± 0,02 c	0,27 c
CNT1	0,44 ± 0,21 a	0,44 ± 0,23 c	0,58 ± 0,32 b	0,48 b
CNT2	0,37 ± 0,16 a	0,91 ± 0,05 a	1,05 ± 0,79 a	0,75 a
CC1	0,27 ± 0,16 a	0,59 ± 0,19 bc	1,26 ± 0,54 ab	0,71 ab
CC2	0,44 ± 0,23 a	0,41 ± 0,36 c	0,90 ± 0,56 ab	0,55 ab
C.CUB	0,48 ± 0,08 a	0,59 ± 0,07 bc	1,15 ± 0,44 ab	0,72 ab
Promedio por muestreo	0,37 c	0,53 b	0,93 a	

Medias con igual letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($P < 0,05$)

por otros investigadores (4,14,17,18), al expresar que las cepas del mismo genotipo de la planta que se desea establecer aisladas a nivel local, presentan mayor efectividad cuando son reinoculadas y pueden presentar el mismo efecto positivo bajo las mismas condiciones que aquellas cepas de colecciones ya probadas y que se desean introducir. También se demostró que no todas las cepas nativas aisladas desde el suelo, serán capaces de hacer nodular efectivamente a la *leucaena*, en este caso la cepa CNT1 no presentó la efectividad esperada para la producción de materia seca aérea (MSA), en cambio la CNT2 presenta una mejor eficiencia. Al analizar los valores medios de rendimiento para cada muestreo se encontró que el muestreo 3 alcanzó valores de 0,935 g de MSA/pta., el cual superó a los muestreos 1 y 2 que presentaron valores de 0,530 y 0,370 g MSA/pta., siendo el muestreo 2 de mayor promedio que el muestreo 1 ($P < 0,001$). Las plantas presentaron poco rendimiento de materia seca aérea bajo las condiciones de ensayo, lo cual puede ser explicado porque existe una estrecha relación entre el crecimiento de las plantas leguminosas y la magnitud de la fijación de nitrógeno por parte de la simbiosis, lo cual se traduce en crecimiento de las leguminosas, por lo tanto si algún factor limita el crecimiento de la planta afectará la fijación de nitrógeno y viceversa (3,6).

Una posible causa del poco crecimiento observado puede ser atribuido al contenido de calcio en el suelo, al conseguirse valores de 1039 ppm. Esta aseveración tiene coincidencia

con algunos autores (9) quienes han demostrado que las altas aplicaciones de cal no siempre son favorables, lo cual es variable de acuerdo a la especie leguminosa, por lo que según el autor, aún falta por esclarecer si las aplicaciones de calcio son beneficiosas para la simbiosis.

Otros trabajos realizados (8) pudieran confirmar lo planteado, porque se ha determinado que los niveles de calcio altos (2,5 – 5,0 mM) en la solución del suelo disminuyen ligeramente el crecimiento. Las aplicaciones de carbonato de calcio, reducen la altura inicialmente en la *Leucaena leucocephala* y afectan la nodulación (2). Por lo que es posible que el contenido de calcio en el suelo haya causado un retardo en el crecimiento de las plantas de leucaena durante los 90 días del ensayo.

Materia seca radicular (MSR).

En el cuadro 3 se muestran las diferencias significativas ($P < 0,001$) al comparar el peso de las raíces durante los distintos muestreos. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) al evaluar los distintos tratamientos de inoculación y entre éstos y el control durante el primer muestreo. El tratamiento con mejor promedio durante el primer muestreo fue el C.CUB, seguido por los tratamientos CNT2, CC2 y CNT1 respectivamente, los tratamientos CC1 y control presentaron promedios estadísticamente iguales y fueron inferiores a los anteriores. Durante el muestreo 2 el tratamiento CNT2 presentó el mejor promedio de peso seco radicular, superando al resto de los tratamientos, que presentaron promedios estadísticamente similares ($P < 0,05$) a excepción del tratamiento CNT1 que se

igualó al control. En este muestreo se observa el efecto de tratamiento sobre el crecimiento de las raíces, lo cual sugiere que el *Rhizobium* produce sustancias que estimulan el desarrollo radicular.

En el muestreo 3, se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P < 0,05$), el tratamiento CNT2 presentó el mejor promedio seguidos por los tratamientos C.CUB, CC2, CC1 cuyos promedios fueron similares superando al tratamiento CNT1 y al control que presentaron promedios estadísticamente similares.

Al comparar los tres muestreos, se observó que hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tres muestreos (cuadro 3). El primer muestreo presentó un promedio de 0,18 g MSR/pta., para el segundo muestreo hubo un incremento con respecto al primero de 0,44 g MSR/pta. (0,62 g MSR/pta.), para el tercer muestro se observó un incremento en peso con respecto al segundo de 0,41 g MSR/pta. (1,03 g MSR/pta.), lo cual indica que hubo un incremento lineal en el peso desde el primer muestreo hasta el tercero.

Los tratamientos con mejores efectos para el rendimiento de MSR ($P < 0,05$) fueron CNT2 y C.CUB con promedios de 0,91 y 0,79 g MSR/pta. respectivamente, seguidos por CC1 y CC2 (0,55 y 0,55 g MSR/ha respectivamente) y estos por CNT1 y el control que presentaron valores medios de 0,37 y 0,33 g MSR/pta. respectivamente (cuadro 3). Se observó la poca efectividad de la CNT1 y la capacidad de la CNT2 sobre el crecimiento radicular en la leucaena, fue igual de eficiente que la cepa C.CUB. al comparar los valores de materia seca radicular alcanzado por ésta cepa. Tales resultados contrastan con lo planteado por

otros investigadores, quienes afirman la especificidad de la leucaena para nodular (1,10,18) y concuerdan con lo reportado por otros autores (3,14,16,17).

Materia seca total (MST). En cuanto al rendimiento de materia seca total (MST) de los tratamientos (cuadro 4), se observó que los tratamientos con mejores rendimientos ($P < 0,05$) fueron el CNT2 con promedio de 1,66 g de MST/pta., seguido por los tratamientos C.CUB. y CC1 con promedios de 1,51 y 1,25 g de MST/pta. respectivamente, y estos por los tratamientos CC2, CNT1 y el control, los cuales rindieron 1,11; 0,85 y 0,51 g de MST/pta. en promedio cada uno. Cuando se analizó el rendimiento de materia seca total (MST) por muestreo se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tres muestreos realizados (cuadro 4), encontrándose que para el muestreo 3 el promedio alcanzado fue de 1,96 g de MSR/pta., superando al segundo muestreo que a su vez fue de mayor promedio que el primer muestreo (1,15 y 0,58 g de MSR/pta. respectivamente). Para el primer muestreo el tratamiento con promedio más favorable fue el C.CUB. que presentó un promedio de $0,79 \pm 0,18$ g de MST/pta., que fue estadísticamente similar ($P < 0,05$) a los tratamientos CNT1, CNT2 y CC2 que superaron al tratamiento CC1 y al control. Para el segundo muestreo se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, el CNT2 presentó el mejor promedio ($1,88 \pm 0,11$ g. de MST/pta.), seguido por C.CUB. y CC1 que fueron de promedios estadísticamente similares y superaron a los tratamientos CC2 y CNT1, cuyos

Cuadro 3. Materia seca radicular promedio por tratamientos y por muestreo (g/pta.).

Tratamientos	Muestreo 01	Muestreo 02	Muestreo 03	Promedio por tratamiento
Control	0,11 ± 0,11 b	0,39 ± 0,15 b	0,55 ± 0,07 b	0,33 bc
CNT1	0,16 ± 0,12 ab	0,50 ± 0,40 b	0,41 ± 0,11 b	0,37 bc
CNT2	0,23 ± 0,04 ab	0,98 ± 0,12 a	1,74 ± 1,22 a	0,91 a
CC1	0,08 ± 0,03 b	0,54 ± 0,21 ab	1,02 ± 0,26 ab	0,55 b
CC2	0,20 ± 0,15 ab	0,66 ± 0,52 ab	0,86 ± 0,83 ab	0,55 b
C.CUB	0,31 ± 0,10 a	0,68 ± 0,19 ab	1,41 ± 0,54 ab	0,79 ab
Promedio Por muestreo	0,18 c	0,62 b	1,03 a	

Medias con igual letra en la misma columna no presentan diferencias significativas (P<0,05)

valores medios alcanzados solo superaron al tratamiento control. Para el tercer muestreo no se presentaron diferencias al sumar los gramos de materia seca aérea y radicular.

Para el muestreo 1, tal vez la presencia de los cotiledones limitó el efecto positivo de las distintas cepas

inoculadas. El mejor promedio observado en la C.CUB. puede ser posible por su capacidad de crecimiento rápido. Para el muestreo 2 el tratamiento CNT2 supera al tratamiento C.CUB. En el muestreo 3 no se encontraron diferencias significativas entre los distintos

Cuadro 4. Materia seca total promedio por tratamientos y por muestreo (g/pta.).

Tratamientos	Muestreo 01	Muestreo 02	Muestreo 03	Promedio por tratamiento
Control	0,54 ± 0,35 ab	0,64 ± 0,20 c	0,94 ± 0,10 a	0,51 c
CNT1	0,60 ± 0,14 ab	0,94 ± 0,62 bc	0,99 ± 0,23 a	0,85 bc
CNT2	0,60 ± 0,09 ab	1,88 ± 0,11 a	2,79 ± 1,96 a	1,66 a
CC1	0,35 ± 0,18 b	1,12 ± 0,38 ab	2,28 ± 0,72 a	1,25 ab
CC2	0,64 ± 0,28 ab	1,08 ± 0,87 bc	1,77 ± 1,35 a	1,11 bc
C.CUB	0,79 ± 0,18 a	1,27 ± 0,22 ab	2,56 ± 0,98 a	1,51 ab
Promedio por muestreo	0,58 c	1,15 b	1,96 a	

Medias con igual letra en la misma columna no presentan diferencias significativas (P<0,05)

tratamientos, debido posiblemente al ataque del insecto Acrididaea, que pudo causar coeficientes de variaciones altos para todos los tratamientos, sin embargo se observa que el tratamiento CNT2 presenta el promedio más favorable, seguido por el tratamiento C.CUB.. Al comparar los porcentajes de materia seca aérea y radicular en la materia seca total, se observó que para el primer muestreo, la MSA en la MST fue de 67 % y la MSR fue de 33 %, para el segundo muestreo la MSA fue de 46% y la MSR 54% del total y para el tercer muestreo se mantuvo la tendencia del segundo al observarse que la MSA representó el 47 % de la MST y la MSR el 53 %. Como puede observarse, en el primer muestreo como puede observarse, el mayor porcentaje correspondió a la MSA es debido, posiblemente a la presencia de los cotiledones y a que la planta dirigió su crecimiento en una mayor proporción hacia la formación de hojas y en menor grado a la producción de raíces.

Esto pudiera inferir que la producción de carbohidratos se dirige en ésta etapa al crecimiento de la parte aérea. En el segundo muestreo las proporciones de MSA y MSR, se denotan una tendencia al equilibrio entre la parte aérea y la radicular, pudiendo esto favorecer la nodulación observada a los 60 días. Para el tercer muestreo se mantuvo la tendencia anterior en la proporción de materia seca aérea (47 %) y radicular (53 %), tal vez como consecuencia de la defoliación causada por el Acrididaea, lo que propició el se inicio de translocación de fotosintatos hacia la formación de hojas, causando con esto una disminución en el número de nódulos.

Las observaciones realizadas, coinciden con lo señalado por (1,3), al plantear que la nodulación y funcionamiento del nódulo depende de compuestos carbonados como la sacarosa y de la presencia de la parte aérea y de la magnitud del crecimiento de ésta.

Se observó bajo las condiciones del ensayo que la *Leucaena leucocephala* presentó poco crecimiento, lo cual puede ser consecuencia de la interacción de factores físicos del suelo: textura arenofrancosa (aF) con un 81,25 % de arena, y un porcentaje de saturación de humedad del 13 %; y las características químicas: en la que destaca el bajo contenido de nitrógeno (0,7 % de materia orgánica), alto contenido de calcio (1039 ppm ó 5,195 meq/100 g de suelo), una capacidad de intercambio catiónico muy baja (2,5 – 1,8 meq/100 g).

Al estimar la eficiencia de la fijación por parte de las cepas se utilizó una ecuación propuesta por Sylvester *et al.* (17), la cual calcula el Índice de efectividad de la Inoculación (IEI):

$$IEI = \frac{\text{Rendimiento MS N inoculado} - \text{Rendimiento MS N no inoculado}}{\text{Rendimiento MS N inoculado}} \times 100$$

De la aplicación de dicha ecuación se obtuvo que al comparar el rendimiento alcanzado por todos los tratamientos inoculados con el rendimiento del control; la cepa CNT2 presentó un índice de efectividad de 69,28 %, la cepa C.CUB. presentó un índice de 66,23 %; la CC1, la CC2 y CNT1 presentaron índices de efectividad de 59,0 %, 54,5

% y 40 % respectivamente. Dicho índice permite observar el efecto positivo de

las cepas nativas e introducidas al superar al control.

Conclusiones

Al estudiar el efecto de la inoculación de cepas nativas e introducidas de *Rhizobium* en la *Leucaena leucocephala* bajo las condiciones del ensayo, se llegó a las siguientes conclusiones.

No todas las cepas nativas aisladas causan el mismo efecto sobre el incremento de producción de materia seca, lo que parece ser controlado por las condiciones ambientales y el genotipo de hospedero. La selección de cepas, en base a las condiciones de manejo permitió obtener dos cepas diferentes en su habilidad para infectar la especie hospedera. El aislamiento de cepas nativas de *Rhizobium* de aquellos suelos donde se piensa establecer leucaena, puede favorecer una mejor producción forrajera de éstas planta, ya que se observó un efecto positivo al inocular rizobios aislados en el mismo suelo en comparación con otras cepas introducidas.

La presencia de los cotiledones a los 30 días después de la germinación, pueden limitar la acción de los rizobios, posiblemente debido a que la planta obtiene de los cotiledones parte del nitrógeno para su crecimiento afectando la nodulación. El crecimiento de la planta afecta la formación de nódulos, lo cual depende de la presencia de la parte aérea para su funcionamiento, posiblemente debido a que de la fotosíntesis se obtengan los carbohidratos necesarios para su funcionamiento. Las condiciones físicas del suelo, conjuntamente con el contenido del calcio, fósforo y nitrógeno pudieron afectar el crecimiento, al reducir el crecimiento de la planta.

Al evaluar el índice de eficiencia de la inoculación, resultó en demostrar que todas las cepas presentaron valores superiores al control, siendo la cepa nativa CNT2 la que mejor índice presentó.

Literatura citada

1. Aparicio-Tejos, P. M. y C. Arrese-Igor. 1993. Fijación de nitrógeno. En: (Ed) Azcon-Bieto y Talon, M. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana. Mc Gaw-Hill. Cap.(9): 193-213.
2. Arun-Prasad, N. Totey, K. Kapoor, P. Khatin, J. Chouham y A. Bhowmick. 1990. Effect of salt on the soil reaction and growth and dry matter yield of *Leucaena leucocephala* and *Aca-cia auriculiformis* in pot culture. Indian -Forests. Vol. 116 (3): 227 - 232.
3. Bartholomeu, W. V. 1972. El nitrógeno del suelo: Proceso de Abastecimiento y requerimiento de los cultivos. (Ed) International Soil Fertility: Evaluation e Improvement. Progam. Boletín Técnico N° 6. Carolina del Norte. 97 p.
4. Campos, R. 1995. Selección in vitro de *Rhizobium* Tolerante a acidez y aluminio. Agon. Colombiana, Vol XII (2): 142 - 148.

5. Clavero, T. 1998. Alternativa para la alimentación animal: *Leucaena leucocephala*. Centro de Transferecia de Tecnología en Pastos y Forrajes. LUZ. 78 p.
6. Crespo G. y F. Curbelo. 1992. Determinación de los nutrientes limitantes para el establecimiento de leguminosas en dos suelos ganaderos. Rev. Cub. Cienc. Agríc. 26: 217 – 222.
7. Fariá-Mármol, J. 1996. Evaluación de accesiones de *Leucaena leucocephala* a pastoreo en el bosque seco tropical II. valor nutritivo. Rev. Fac. Agon. (LUZ). 18: 179- 190.
8. Hansen, E. y D. Munss. 1988. Effects of CaSO₄ and NaCl on growth and nitrogen fixation of *Leucaena leucocephala*. Plant and soil. Vol. (107). (1): 95 – 99.
9. Hernández, B. y D. Focht. 1986. Factores Limitantes de la Fijación de Nitrógeno en el Guandú (*Cajanus cajan*) en suelos Acidos. En: (ed) Rosa, J y C. Pilz. Primer Seminario Centroamericano sobre Fijación Biológica de nitrógeno. Rev. Ceiba Vol. 27 (1): 61 – 80.
10. López, M. 1987. Simbiosis Rizobio – *Leucaena*: Inoculación. En: (ed) M. T. Ruiz y G. Febles. *Leucaena (Leucaena leucocephala)*: una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtropico. (Ed) EDICA- Cuba. 200 p.
11. Materano, G., W. Peters, N. Noguera, y G. Romero. 1973. Estudio de Suelos “Jardín Botánico de Maracaibo”. Universidad del Zulia: Facultad de Agronomía. Maracaibo.
12. Mendéz-Castro, F. 1997. Manual de Laboratorio de Microbiología. Departamento de Agrobiológicos. Decanato de Agronomía. U.C.L.A. Edo. Lara. 75p.
13. Razz, R. T., Clavero, T. Ferrer, O. Rivero y A. Amaya. 1996. Contenido energético de dos Ecotipos de *Leucaena leucocephala* bajo diferentes niveles de fertilización. Interciencia. Rev. Fac. Agon. (LUZ). 21(1): 1 – 4.
14. Roskoski, J. 1986. Ensayos de Selección de Cepas y Respuesta a la Inoculación. En: Primer Seminario Centroamericano sobre Fijación Biológica de Nitrógeno. Ed: Rosas J. y Pilz, G. Rev. Ceiba. Vol: 27 (1): 147 – 158.
15. Schuurman, J. J. y M. A. Goedewaagen. 1971. Methods for the examination of root systems and roots. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen. 83 p.
16. Statistical Analysis System (S.A.S) Institute Inc. 1992. S.A.S.: Sistema Automático de Estadística. Cary. NC 27512 – 8000. U.S.A. versión: 92
17. Sylvester, R., J. Kipe-Nolt y F. Munevar. 1986. Estrategias para la integración de la Rizobiología en programas de selección de Leguminosas en América Latina. En: (ed) Rosas, J y Pilz C. Primer Seminario Centroamericano sobre Fijación Biológica de nitrógeno. Rev. Ceiba Vol. 27 (1): 41 – 59.
18. Tang, M. 1994. Efectos de la inoculación *Rhizobium* en el rendimiento de materia seca, contenido de nitrógeno y nodulación en *Leucaena leucocephala* cv CNIA-250. Pastos y Forrajes, 17:143 - 147.
19. Waisel, Y., A. Eshel y U. Kafkafé. 1996. Species of Rhizobia and Their Characteristics. In: Plant Roots. The Hidden Half by: Marcel Dekker. Inc. 205 p.