

**Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”**  
**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"**

**MANEJO DE LAS DEFOLIACIONES EN *ALBIZIA LEBBECK***  
**PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORRAJERA**

**Autora:** *Ing. Ana Geraldine Francisco Pons*

**Tutor:** *Dr. Ismael Hernández Venereo*

**Tesis presentada en opción al Título de**  
**Master en Pastos y Forrajes**

**2002**

*Todo acto antropocéntrico  
que altere o agreda  
cualquier sistema biológico  
es radical, por lo tanto  
todo esfuerzo cualquiera que  
sea para evitarlo, es legítimo.*

*Jairo Restrepo*

## **DEDICATORIA**

**A mi abuela Ana María, que aunque físicamente no se encuentre  
a mi lado siempre estará presente**

**A mi madre Sonia, por su apoyo incondicional, su amor y por perdonarme los  
momentos que no he podido compartir con ella.**

**A mi querido padre Manuel, por ser tan maravilloso y ofrecerme una sonrisa en los  
instantes más difíciles.**

**A mi hermano Maykel, con todo mi corazón.**

**A mi familia en especial, por contribuir a mi formación profesional y personal.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios, sobre todas las cosas, por confiar en mí.**

**A mi tutor el Dr. Ismael Hernández, miembro del consejo científico, por su apoyo en todas las ocasiones, por guiarme en los caminos del conocimiento y ser incondicional ante cada situación.**

**A la Lic. Tamara Tur por facilitarme información bibliográfica y brindarme tantas horas de dedicación.**

**A la MV. Mildrey Soca, mi gran amiga, por estar siempre junto a mí.**

**Al Dr. Félix Ojeda, miembro del comité académico, por su constante interés y ayuda en la elaboración de la tesis.**

**Al Dr. Leonel Simón, miembro del consejo científico, por transmitirme su experiencia.**

**A la Dra. Pilar Hernández de la Universidad Santiago de Compostela, España, por tantas atenciones.**

**Al Ing. Luis Sánchez, asesor técnico del Departamento de Coordinación y Asesoría de Proyectos del Consejo de Iglesias de Cuba, por contribuir a mi formación profesional y asesoría en la elaboración de la tesis.**

**A los Doctores J. Manuel Palma, de la Universidad de Colima y Esaú Pérez de la Universidad de Chiapas, México; por las sugerencias y recomendaciones y en especial por la gran amistad que me han ofrecido.**

**A la Sra. Amelia Ramírez, secretaria de la Subdirección de Investigaciones de la E. E. P. F “Indio Hatuey”, Matanzas, por su asistencia en la redacción de la tesis.**

**A la técnico Yoayma Matías, por su contribución en el trabajo de campo y gabinete y por acogerme en su casa.**

**A mis compañeros Tania Sánchez, Iván Montejo, Antonio Suset, Félix Ramírez, Teresa Daniel, Marlen Navarro, por su cooperación.**

**A las Licenciadas Alicia Ojeda y Nancy Pérez, por jugar un papel importante en la revisión de la tesis**

## Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la altura y frecuencia de defoliación sobre la producción y calidad de la biomasa anual de *Albizia lebbbeck*, se desarrollaron dos experimentos en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba; para este propósito se utilizó durante tres años dos plantaciones de *Albizia* con 8 años de establecida a 1m entre plantas e hileras y en ambos experimentos se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones.

En el primer experimento los factores en estudio fueron tres alturas de defoliación (50, 100 y 150 cm). Las variables evaluadas fueron materia seca comestible, materia seca comestible total, materia seca no comestible y materia seca total, además se midió la altura alcanzada por los rebrotes.

Los resultados del primer experimento muestran que en el período poco lluvioso se incrementaron linealmente los rendimientos de la materia seca comestible ( $P = 0,0015$ ), leñosa ( $P = 0,0761$ ) y total ( $P = 0,0001$ ) a medida que las alturas de defoliación se elevan llegando a alcanzar 363, 376 y 739 Kg. MS/ha/año, con las defoliaciones a 150 cm de altura y el comportamiento del rebrote no mostró diferencias ante las defoliaciones. En el período lluvioso las alturas de cortes no actuaron significativamente en la variabilidad de las biomásas y en el incremento de la altura de los rebrotes.

Al analizar la influencia que ejercían los tratamientos y la época sobre los rendimientos de materia seca total durante el año se pudo comprobar que los tratamientos no ejercieron influencia significativa, mientras que la época si determinó significativamente ( $P < 0,05$ ) en la variabilidad de la producción, la que incrementó linealmente ( $P = 0,0001$ ) hasta acumular 1563 Kg. MS/ha/año a los 150 cm de altura (Gráfica 5) y donde el factor climático que determinó en los resultados fue el acumulado de precipitaciones ( $P = 0,0000$ ).

En el segundo experimento a partir de la altura de defoliación seleccionada (150 cm) se evaluaron cuatro frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días). Fueron cuantificadas las proporciones de hojas y tallos tiernos, materia seca comestible, no comestible y total. Se evaluaron las tasas diarias de producción del material comestible y se midieron el número y el diámetro de los rebrotes emitidos. A la fracción comestible de la biomasa se le determinó el contenido de proteína bruta, la fibra bruta, el calcio y el fósforo.

En esta evaluación las frecuencias de defoliación determinaron significativamente ( $P < 0,05$ ) en la variabilidad de la producción de biomasa y su calidad. Con las defoliaciones cada 90 días existió la tendencia al incremento de hojas y materia seca comestible, tanto en el primer año donde se presentaron producciones de 2 899 y 4 600 kg MS/ha/año como en el segundo llegando a alcanzar 925 y 1 362 kg MS/ha/año respectivamente, con tasas diarias de producción de 50 y 14,4 kg ha/día y a su vez los contenidos proteicos fueron altos (26,3 %); mientras que en las defoliaciones cada 45 días existió la tendencia a la depresión en la producción de la materia seca comestible (1 760 y 980 kg MS/ha/año) y no comestible (1 070-400 kg MS/ha/año), las tasas de producción de materia seca fueron bajas (38,5 y 18,8 kg ha/día) y aunque los por cientos proteicos fueron elevados (29,6 %), los aportes proteicos por ha. son bajos con 532-19,0 kg MS/ha al compararlos con las defoliaciones cada 90 días con 1 208 y 301 kg MS/ha.

Las defoliaciones cada 135 y 180 días mostraron bajos rendimientos de materia seca comestible (3 310-1 024 y 3 370 kg MS/ha) y contenidos nutricionales (20, 4 y 16,2 % de PB), con considerables aportes de material leñoso de 5 420-1 150 y 6 480-1 880 kg MS/ha respectivamente y donde la fibra alcanzó valores superiores al 30 %.

Las frecuencias de defoliación influyeron significativamente sobre el número de los rebrotes, el que decreció ( $P = 0,0001$ ) a medida que los cortes se hicieron menos frecuentes entre 57 y 45 rebrotes con las defoliaciones cada 45 días, hasta 20 y 18 rebrotes con las defoliaciones cada 180 días. Por el contrario, el diámetro de estos se fue incrementando linealmente ( $P = 0,0000$ ) desde 0,45 y 0,40 cm para las defoliaciones cada 45 días hasta 1,32 y 0,90 cm para 180 días.

El incremento de la madurez del rebrote favoreció las concentraciones de Ca con 1,90 y 1,55 % en las defoliaciones cada 180 días para el primer y el segundo año, por el contrario la presencia de fósforo se maximizó con los cortes cada 45 días (0,5 %), estabilizándose a partir del tratamiento cada 90 días (0,4 %).

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de este estudio se puede concluir que las defoliaciones con alturas elevadas hasta 100 – 150 cm y las frecuencias cada 90 días tienen importante aplicación práctica para el manejo de *Albizia lebbbeck* en la producción de forraje y su empleo podría incrementar la disponibilidad de la materia seca comestible en un estrato accesible para el corte y para el ramoneo, donde se puede garantizar la productividad cualitativa y cuantitativa de un sistema alternativo de producción de alimento en las áreas ganaderas.

# TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	1
1.1 Característica de la especie en estudio .....	3
1.1.1 Albizia lebbeck (L) Benth .....	3
1.1.1.1 Clasificación sistemática, nombres comunes y características botánicas .....	3
1.1.1.2 Origen y distribución .....	3
1.1.1.3 Usos .....	4
1.1.1.4 Rendimientos de biomasa .....	4
1.1.1.5 Contenido nutricional de la biomasa comestible .....	4
1.2 Manejo de las defoliaciones en plantas perennes leñosas .....	5
1.3 Influencia de la defoliación en el crecimiento de los árboles .....	5
1.3.1 Tipos de podas o defoliaciones .....	5
1.3.2 Las defoliaciones en la fisiología de las plantas .....	6
1.3.3 Tolerancia de las especies arbóreas a la defoliación .....	7
1.3.4 Momento de la defoliación y tamaño de los árboles .....	7
1.3.5 Intensidad de defoliación .....	8
1.3.6 Intervalos entre cortes .....	8
1.3.7 Densidad de plantación .....	9
Capítulo 2. Metodología experimental .....	10
2.1 Aspectos generales .....	10
2.1.1 Caracterización del área experimental .....	10
2.1.1.1 Clima .....	10
2.1.1.2 Suelo .....	10
2.2 Metodología .....	11
2.2.1 EXPERIMENTO 1. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE BIOMASA DE ALBIZIA LEBBECK BAJO DIFERENTES ALTURAS DE PODAS .....	11
2.2.1.1 Antecedentes y manejos del área experimental .....	11
2.2.1.2 Tratamiento y diseño experimental .....	11
2.2.1.3 Análisis de la información .....	11
2.2.2 EXPERIMENTO 2. EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA Y LA CALIDAD NUTRITIVA DE ALBIZIA LEBBECK .....	11
2.2.2.1 Antecedentes y manejos del área experimental .....	11
2.2.2.2 Tratamiento y diseño experimental .....	12
2.2.2.3 Análisis de la información .....	12
2.2.3 Modelos matemáticos .....	12
2.2.4 Análisis estadístico .....	13
2.2.5 Variables evaluadas .....	13
CAPÍTULO 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	14
3.1 Experimento 1 Determinación del potencial de biomasa de Albizia lebbeck bajo diferentes alturas de podas. ....	14
3.1.1 Producción de materia seca .....	14
3.1.1.1 Producción de materia seca comestible .....	14
3.1.1.2 Producción de materia seca no comestible .....	16
3.1.1.3 Producción de materia seca total .....	16
3.1.3 Altura del rebrote .....	17
3.2 Experimento 2. Efecto de diferentes frecuencias de defoliación sobre los rendimientos de biomasa y calidad nutritiva de <i>Albizia lebbeck</i> . ....	18
3.2.1 Producción de materia seca .....	18
3.2.1.1 Producción de hojas .....	18
3.2.1.2 Producción de tallos tiernos .....	18
3.2.1.3 Producción de materia seca comestible .....	19
3.2.1.4 Producción de materia seca no comestible .....	20
3.2.1.5 Producción de materia seca total .....	20
3.2.2 Tasas de producción diaria de materia seca comestible .....	21
3.2.3 Elementos dasométricos .....	22
3.2.3.1 Número de rebrotes .....	22
3.2.3.2 Diámetro de los rebrotes .....	23
3.2.4 Calidad nutritiva de la materia seca comestible .....	23
3.2.4.1.1 Proteína bruta .....	23
3.2.4.1.2 Fibra bruta .....	24
3.2.4.1.4 Contenido de Fósforo .....	26
Conclusiones .....	30
Recomendaciones .....	31
Bibliografía .....	32
Anexos .....	38

## Gráficos

Gráfico 1. Producción de materia seca comestible en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo tres alturas de corte (50, 100, 150 cm)	15
Gráfico 2. Producción de materia seca comestible total/tratamiento de <i>A. lebbbeck</i> bajo tres alturas de cortes (50, 100, 150 cm)	15
Gráfico 3. Rendimientos de materia seca no comestible en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo tres alturas de corte (50, 100, 150 cm)	16
Gráfico 4. Producción de materia seca total de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo tres alturas de cortes (50, 100, 150 cm)	16
Gráfico 5. Producción de materia seca totales por tratamiento de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo tres alturas de cortes (50, 100, 150 cm)	17
Gráfico 6. Altura del rebrote de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes alturas de corte (50, 100, 150 cm)	17
Gráfico 7. Producción de hojas en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	18
Gráfico 8. Producción de tallos tiernos en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	19
Gráfico 9. Producción de materia seca comestible en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	19
Gráfico 10. Producción de materia seca leñosa en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	20
Gráfico 11. Producción de materia seca total en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días)	21
Gráfico 12. Tasa de producción diaria de materia seca comestible en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días)	21
Gráfico 13. Número de rebrotes en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días)	23
Gráfico 14. Diámetro de los rebrotes en <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días)	23
Gráfico 15. Contenido de proteína bruta en la materia seca comestible de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	24
Gráfica 16. Contenido de fibra bruta en la materia seca comestible de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	25
Gráfica 17. Contenido de calcio en la materia seca comestible de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)	25
Gráfico 18. Contenido de fósforo en la materia seca comestible de <i>Albizia lebbbeck</i> bajo diferentes frecuencias de defoliación	26
Figura 1. Características botánicas de <i>Albizia lebbbeck</i> (flores, legumbre y hojas)	3
Tabla 1. Distribución de biomasa (Kg. de MV/árbol) de varias especies de árboles durante cinco años	4
Tabla 2. Composición proteica (g/kg MS) del follaje de varias especies arbóreas forrajeras	5
Tabla 3. Profundidad (cm), extensión lateral (cm) y por ciento de biomasa de las raíces en especies de árboles en el noroeste de la India	7
Tabla 4. Variables climáticas durante el período experimental. Estación meteorológica "Indio Hatuey". Matanzas	10
Tabla 5. Características químicas del suelo donde se desarrolló el experimento	10

Cuadro 1A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca comestible (kg/ha) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación. ....	38
Cuadro 2A. Análisis de varianza en la producción total de biomasa comestible (Kg/MS/ha/año) para la época y las alturas defoliación.....	38
Cuadro 3A. Influencia de factores climáticos en la producción de biomasa comestible (Kg/MS/ha) para las defoliaciones a diferentes alturas de corte. ....	38
Cuadro 4A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca no comestible (kg/ha) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación. ....	39
Cuadro 5A. Análisis de varianza y regresión para la producción de materia seca total (kg/ha) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación. ....	39
Cuadro 6A. Análisis de varianza en la producción de materia seca total (kg/ha) de la época de seca para el experimento de altura de defoliación. ....	39
Cuadro 7A. Análisis de la influencia de algunos factores climáticos en la producción de biomasa total (Kg/MS/ha) con las defoliaciones a diferentes alturas de cortes.....	39
Cuadro 8A. Análisis de varianza de la altura del rebrote (cm) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación. ....	40
Cuadro 9A. Análisis de varianza de la altura del rebrote (cm) en la época de lluvia para el experimento de altura de defoliación. ....	40
Cuadro 10 A. Análisis de varianza y regresión de la producción de hojas en el primer año de evaluación (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.....	40
Cuadro 11 A. Análisis de varianza y regresión de la producción de hojas para el segundo año (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.....	40
Cuadro 12 A. Análisis de varianza y regresión para la producción de tallos tiernos para el primer año (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.....	41
Cuadro 13A. Análisis de varianza y regresión para la producción de tallos tiernos para el segundo año (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.....	41
Cuadro 14A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca comestible en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	41
Cuadro 15A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca no comestible en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	42
Cuadro 16A. Análisis varianza y regresión de la producción de materia seca no comestible en el segundo año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	42
Cuadro 17A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca total en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	42
Cuadro 18A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca total en el segundo año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	43
Cuadro 19A. Análisis de varianza y regresión de las tasas de producción de materia seca comestible en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	43
Cuadro 20A. Análisis de varianza y regresión de las tasas de producción de materia seca comestible en el segundo año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.....	43
Cuadro 21A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de <i>A. lebbeck</i> con las defoliaciones cada 45 días.....	44
Cuadro 22A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de <i>A. lebbeck</i> con las defoliaciones cada 90 días.....	44
Cuadro 23A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de <i>A. lebbeck</i> con las defoliaciones cada 135 días.....	44
Cuadro 24A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de <i>A. lebbeck</i> con las defoliaciones cada 180 días.....	44
Cuadro 25A. Análisis de varianza y regresión del número de rebrotes en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.....	45
Cuadro 26A. Análisis de varianza y regresión del número de rebrotes en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.....	45
Cuadro 27A. Análisis de varianza y regresión del diámetro de rebrotes en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.....	45
Cuadro 28A. Análisis de varianza y regresión del diámetro de rebrotes en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.....	46



Cuadro 29A. Análisis de varianza y regresión de la proteína bruta (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	46
Cuadro 30A. Análisis de varianza y regresión de la proteína bruta (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	46
Cuadro 31A. Aportes de PB, Ca, P (Kg/ha) con las diferentes frecuencias de defoliación. ....	46
Cuadro 32A. Análisis de varianza y regresión de la fibra bruta (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	47
Cuadro 33A. Análisis de varianza y regresión de la fibra bruta (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	47
Cuadro 34A. Análisis de varianza y regresión del calcio (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	47
Cuadro 35A. Análisis de varianza y regresión del calcio (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	48
Cuadro 36A. Análisis de varianza y regresión del fósforo (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	48
Cuadro 37A. Análisis de varianza y regresión del fósforo (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación. ....	48

## Introducción

La historia nos demuestra que el descuido y la inadecuada utilización que ha hecho el hombre de lo que la naturaleza le brinda como el suelo y los árboles ha provocado en muchos casos sufrimientos humanos e incluso la ruina de países y civilizaciones. Desde Asia, el lejano Oriente y África, tierras en otros tiempos verdes, con una foresta exuberante y productiva se han transformado en desiertos áridos, zonas que según definición de la Biblia "...abundaban en leche y miel..." hace 3000 años ahora están constituidas por colinas y rocas (FAO, 1990). Un estudio ejecutado por Naciones Unidas estima que desde la Segunda Guerra Mundial el 38 % de la tierra cultivada hoy en día ha sido degradada en alguna medida, producto de la utilización de prácticas agrícolas convencionales e insostenibles (Gliessman, 1998; Fregoso, 2000).

Las zonas ganaderas de nuestro país no estuvieron exentas de la influencia de la degradación y la deforestación. A partir de la adopción de tecnologías productivas convencionales de países templados con el empleo de altos insumos y la alimentación a base de pastos, producto principalmente del legado colonial y de la formación académica tradicional (Sánchez, 1999), se provocó como en muchas partes del mundo (Krishnamurthy y Rajagopal, 2000) la transformación de áreas arboladas a extensas áreas de pastoreo donde el forraje de árboles y arbustos, la biodiversidad y los múltiples beneficios de las especies perennes leñosas se vieron limitadas.

En este sentido se ha comprobado que la utilización de árboles leguminosos ofrece una alternativa en la estabilidad ecológica y productiva en las áreas ganaderas tropicales. Estos árboles facilitan el reciclaje de nutrientes y mejoran las características químicas y biológicas del suelo, poseen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico aportando grandes cantidades de este elemento al ecosistema, además de producir altas cantidades de biomasa forrajera durante todo el año y de forma estable, contienen altos nivel proteicos con 14-36,6 % de PC superando los tenores presentes en la mayoría de los pastos, y proporcionan los otros nutrientes necesarios para el adecuado funcionamiento ruminal en dietas basadas en forrajes de baja calidad y siendo a su vez una fuente excelente de energía digestible; prestan servicios ambientales y se puede obtener un gran número de productos comercializables como leña, madera, mieles, frutos y medicinas (Castro, 1996; Leng, 1998; Shelton, 2000; Crespo, Rodríguez y Fraga, 2000; Perales, Fregoso, Martínez, Cuevas, Loaiza, Reyes, Moreno, Palacios y Guzmán, 2000; FAO, 2000).

La leguminosa *Albizia lebbbeck* es un árbol de uso múltiple utilizado en muchas zonas del trópico y sobre todo en América Latina donde existan suelos ácidos, debido a la capacidad de adaptación en este medio (Russo y Botero, 1996). Posee un alto potencial de producción de biomasa (Herrera 1990) con altos niveles proteicos y aceptable digestibilidad con 27 % como parte de la dieta total (Norton, Kamau y Rosevear, 1992; Crespo et al, 2000).

En las prácticas racionales de manejo utilizados para la obtención de forraje de árboles como alimento animal podemos encontrar las podas o defoliaciones manuales, que a diferencia de los sistemas puramente forestales donde el objetivo fundamental es la calidad de la madera, aquí ellas regulan las alturas de las especies para incrementar la disponibilidad de la biomasa y facilitar el manejo del cosechador; pueden disminuir la edad del tejido acumulado a partir de las defoliaciones frecuentes y así aumentar la digestibilidad del material vegetal; en especies caducifolias retardan el estado reproductivo con la retención de las hojas a lo largo de la estación poco lluviosa (Higuera, Castillo, García, Soto, Sandoval y Lobo, 1998; Ruiz, Febles, Untorio, Díaz y Díaz, 2000; Hernández, Benavides y Martín, 2000).

De acuerdo a lo anterior, es necesario conocer a profundidad el funcionamiento y la influencia de las prácticas de defoliaciones en los árboles forrajeros bajo diversas condiciones de suelo y clima y diferentes manejos, con fines de obtener buenos rendimientos de biomasa, con el mínimo de insumo y donde no se comprometa el desarrollo posterior de la planta. Por lo que el objetivo de este estudio se basó en determinar los efectos de las defoliaciones sobre los rendimientos y el contenido nutricional de la biomasa aérea de *Albizia lebbbeck*, aportar elementos nuevos para facilitar su explotación.

## Hipótesis de trabajo

El manejo de las alturas y la frecuencia de defoliación en *Albizia lebbbeck* influye en la productividad y la calidad de la biomasa forrajera

## Objetivo general

- Determinar los efectos de las defoliaciones manuales sobre los rendimientos y el valor nutricional de la biomasa aérea de *Albizia lebbbeck* y aportar elementos para su mejor explotación como árbol leguminoso forrajero en los sistemas ganaderos.

**Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el potencial de rendimiento de biomasa aérea de *Albizia lebbbeck* ante diferentes alturas de defoliación.
- ✓ Conocer la influencia de las frecuencias de defoliación sobre los rendimientos y calidad de la biomasa de la especie en estudio.

## CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 1.1 Característica de la especie en estudio

#### 1.1.1 *Albizia lebbbeck* (L) Benth

##### 1.1.1.1 Clasificación sistemática, nombres comunes y características botánicas

*Albizia lebbbeck* se incluye en la subfamilia *Mimosoideae*, perteneciente a la familia *Leguminosae* (Barreto, 1990; Machado, 1996). Este género comprende 75 especies, de ellas 25 han sido introducidas y hoy forman parte de la flora autóctona americana. En los países de América tropical se conoce con los nombres de algarrobo de olor (Cuba), acacia (Puerto Rico), chacha (República Dominicana), barba de caballero (Venezuela). También en Puerto Rico e Islas Vírgenes el ruido peculiar del parloteo producido por el movimiento continuo de las vainas secas sonando en el viento, dio origen al nombre vulgar “lengua de mujer” (Geilfus, 1994).

Es un árbol de 6 a 15 m de altura, aunque en bosques húmedos puede alcanzar un mayor tamaño. Posee un tronco corto de 50 cm de diámetro, con una corteza fisurada y rugosa de color gris. Su copa es redonda y extendida; sus hojas de 15 a 40 cm de color verde opaco, bicompuestas, opuestas y paripinnadas; las flores están agrupadas en cabezuelas amarillas; las legumbres son aplanadas, anchas, de color amarillo claro y de 10 a 25 cm de largo (fig. 1); la madera es pesada, resistente a las termitas y de grano entrelazado (Skerman, Cameron & Riveros, 1991; Mahony, 1994; Geilfus, 1994).

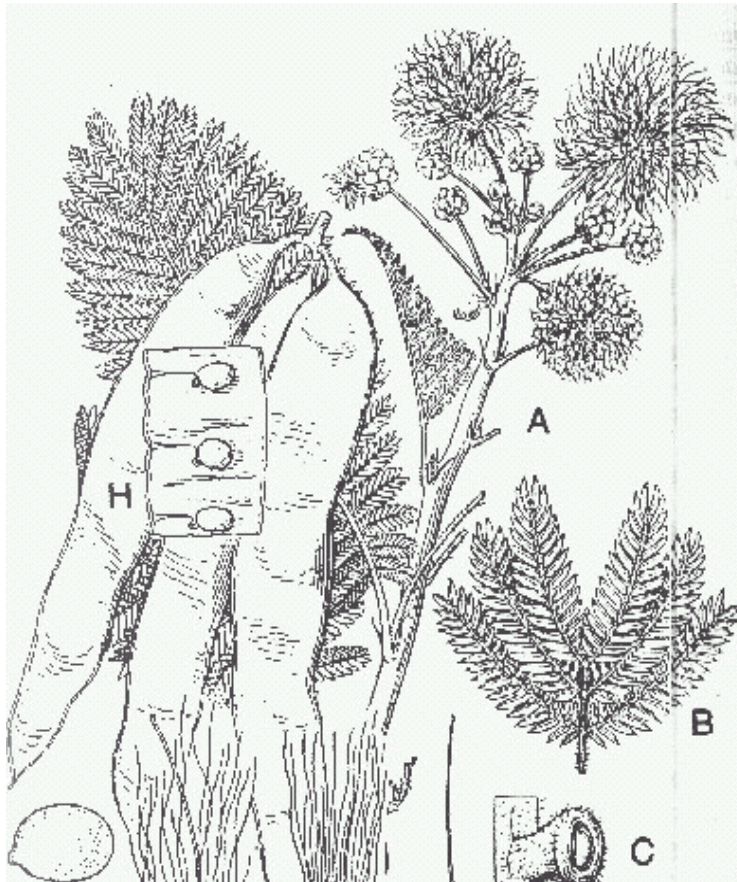


Figura 1. Características botánicas de *Albizia lebbbeck* (flores, legumbre y hojas).

##### 1.1.1.2 Origen y distribución

*Albizia lebbbeck* es originaria de las regiones de Asia tropical, el norte de Australia y la India. Es cultivada en regiones del trópico y subtropico del norte de África y oeste de la India, Sudamérica, las Antillas y sudeste de Asia. Muchos de sus hábitats se caracterizan por climas extremos, ej.: veranos secos, largos y calientes e

inviernos con rangos de temperaturas desde 5 hasta 46°C. La media de precipitación anual de las zonas donde se desarrolla es diversa, desde 600 hasta 2 500 mm (Mohinddin, 1994; Mahony, 1994). Su fácil adaptación ha sido posible por la plasticidad en diferentes tipos de suelos, aunque prefiere condiciones de humedad y crece mejor en suelos arcillosos bien drenados. Además, esta especie es tolerante a las salpicaduras marinas, por lo que puede sobrevivir cerca del mar y se desarrolla adecuadamente en suelos ácidos (CATIE, 1994; Russo & Botero, 1996).

### 1.1.1.3 Usos

*Albizia lebbeck* se clasifica como un árbol multipropósito, por lo que es manejada para sombra en potreros (Lowry et al., 1994), en plantaciones energéticas debido a su valor calorífico de 2 500 kcal/kg (Fernández, Marcia & Ramírez, 1990), como planta melífera, en la retención de la erosión, para la obtención de productos medicinales (Mahony, 1994) y para mejorar la fertilización de los suelos como abono verde (Djogo, 1992). Su madera se ha empleado para construcciones de interiores y en las puertas de muchos templos en China (Burkhill, 1966). Sus legumbres y su follaje son de elevado contenido proteico, por lo cual constituye una alternativa para la alimentación animal en el trópico y subtrópico (Schlink, Lowry & Gibson, 1990).

### 1.1.1.4 Rendimientos de biomasa

*Albizia lebbeck* es productiva cuando se activa el crecimiento, existe regeneración o los árboles maduros no son perturbados. En general los rendimientos de biomasa varían con las condiciones edafoclimáticas, el método de establecimiento y el objetivo de la plantación. Los rendimientos de la biomasa aérea son diferentes en las distintas partes de la planta (tabla 1), difiriendo según las especies y llegando a alcanzar en *Albizia* hasta 10,4 kg/planta de MV de tallos tiernos y hojas.

Los árboles maduros de *Albizia lebbeck* utilizados como forraje para alimento animal pueden producir desde 120 kg MS/planta/año con una poda (Brewbaker, 1985) hasta 1700 kg de biomasa comestible con tres defoliaciones, mientras en setos vivos de *Albizia lebbeck* ramoneados bianualmente produjeron 2 500 kg MS/km en áreas subtropicales, donde por el contrario *Leucaena* produjo 1 500 kg MS/ha (Gutteridge y Shelton, 1994). En el proceso de defoliación, la hojarasca de estos árboles se deposita gradualmente sobre el suelo y puede alcanzar 10 y 13 t de MS/ha., durante las épocas lluviosa y poco lluviosa respectivamente (Hernández & Simón, 1994). Bajo buenas condiciones de suelo y clima las plantas pueden alcanzar hasta 5 m de altura en un año; sin embargo, el crecimiento es muy lento en áreas con precipitaciones inferiores a 800 mm como en los trópicos secos, el crecimiento de los fustes oscila entre 2-2,2m/año (Lowry et al., 1994).

Tabla 1. Distribución de biomasa (Kg. de MV/árbol) de varias especies de árboles durante cinco años.

Especies	Fuste	Ramas	Tallos tiernos y hojas	Total
<i>Leucaena leucocephala</i>	12.6	1.8	5.1	19.5
<i>Albizia lebbeck</i>	12.8	3.3	10.4	26.5
<i>Azadirachta indica</i>	10.9	2.4	7.9	21.2
<i>Pithecellobium dulce</i>	7.3	5.4	11.4	24.1
<i>Gliricidia sepium</i>	6.4	12.8	10.6	29.8
ES	± 5	± 1.5	± 2.9	

Fuente: Mohinddin, 1994

### 1.1.1.5 Contenido nutricional de la biomasa comestible

El follaje de *A. lebbeck* es una fuente de alto valor nutricional para la suplementación de rumiantes, tanto en el trópico como en otras zonas del mundo (Flores, Bolívar, Botero & Ibrahim, 1998; Ibrahim, Franco, Pezo, Camero y Araya, 2000). Los contenidos proteicos de sus hojas son de alrededor de 29 % (Skerman et al., 1991), las vainas de 26 % y las semillas alcanzan 37 % (Cáceres, Santana, Simón, Rivero & Zayas, 1992). En otros estudios se han reportado contenidos de 26 % de fibra bruta, 1,8 % de calcio, 0,20 % de fósforo y 7 % de cenizas FAO (1999) y 35, 51 y 55 % de fibra detergente neutra en hojas verdes, flores y legumbres, respectivamente (Gupta, 1981). En investigaciones realizadas se ha determinado la cantidad (g/kg) de algunos compuestos químicos del follaje en varias especies, donde se ha podido observar que el aporte proteico de *A. lebbeck* es superior al de otros géneros (tabla 2).

En estudios realizados acerca de los aminoácidos esenciales en la semilla, se localizaron los siguientes contenidos: metionina-0,70 g, cistina-0,72 g, lisina-5,73 g, isoleucina-2,98 g, leucina-6,17 g, fenilalanina-2,96 g, valina-3,53 g, triptófano-0,97 g y teonina-4,56 g, lo que representa un total de aminoácidos esenciales de 28,32 g por cada 100 g de proteína (Sotelo, Lucas, Uvalle y Giral, 1980).

En evaluaciones sobre la naturaleza bioquímica de *Albizia lebbbeck* se han detectado fenoles, flavonoides, esteroides, saponinas y taninos (0,75 %), este último valor se considera bajo si se compara con especies como la *Leucaena leucocephala* (1,53 %) (Martínez, Hernández y Guevara, 1996; Norton, 1994).

En ocasiones el consumo animal de esta leguminosa decrece cuando es ofrecida como única dieta o por encima del 30% de la dieta total, variando esta respuesta varía cuando se usa por debajo del 27 % (Norton et al, 1992).

Tabla 2. Composición proteica (g/kg MS) del follaje de varias especies arbóreas forrajeras.

Especie	Proteína cruda (g/kg MS)
<i>Acacia angustissima</i>	225
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	166
<i>Albizia lebbbeck</i>	240
<i>Sesbania sesban</i>	218

Fuente: Gutteridge y Shelton, 1994

## 1.2 Manejo de las defoliaciones en plantas perennes leñosas

Los árboles y arbustos son actualmente, para la ganadería mundial, un recurso natural de inestimable valor (Palma y Flores, 1997), ya que son capaces de proveer una gran variedad de productos y servicios tales como: madera, leña, alimentos, sombra, fijación de nitrógeno, entre otros (Russo & Botero, 1996). Una de las alternativas de uso de las perennes leñosas en el trópico es la producción de forrajes (Catchpoole & Blair, 1990; Borel y Benavides, 1992), cuya principal ventaja reside en el valor nutricional (especialmente el alto contenido de proteína) que poseen estas plantas, lo que las convierte en un excelente suplemento de la alimentación animal (Vázquez, 1998; Papanastasis, Platis & Dini-Papanastasis, 1998).

En sistemas de pastoreo/ramoneo los animales pueden tomar el follaje directamente de las ramas más bajas de las plantas (Milera, 1998), pero en ocasiones las arbóreas alcanzan una altura en que su follaje comestible no está al alcance de los animales y puede llegar a ser hasta el 60 % de la biomasa aprovechable (Ruiz y Febles, 1987); es entonces cuando se hace necesario las podas o defoliaciones manuales para aumentar la disponibilidad en las áreas.

En muchas zonas de América del Sur, Asia y África, donde existen condiciones que dificultan el empleo de sistemas de pastoreo, es común el método de *corte y acarreo* del follaje, que es cosechado y trasladado para suministrarlo generalmente como suplemento dentro de raciones basadas en gramíneas de madurez avanzada y residuos fibrosos (Benavides, 1993; Escobar, 1996); este método es factible donde existe un uso intensivo de la tierra. En estos casos las especies perennes leñosas poseen buenas producciones de biomasa, resisten las defoliaciones frecuentes y tienen altos contenidos nutricionales, y generalmente la ganadería se basa en pequeños grupos de animales en confinamiento (Muschler y Bonnemann, 1997). Debido a la intensidad de los manejos en sistemas de corte y acarreo, se ha llegado a determinar que para este método de producción de alimento animal, es necesario realizar planificaciones adecuadas de las defoliaciones (Muschler y Bonnemann, 1997), donde se evalúen sus efectos y consecuencias en el tiempo, y que lejos de reducir el número de árboles y contribuir a la deforestación, se trate de mantener la vida y la longevidad de las plantas (FAO, 2000).

## 1.3 Influencia de la defoliación en el crecimiento de los árboles

### 1.3.1 Tipos de podas o defoliaciones

En la Silvicultura, una de las especialidades dentro de las ciencias forestales, durante la etapa de manejo de plantaciones se distinguen diferentes técnicas de corte la de biomasa aérea, de acuerdo con el objetivo de la producción (fig. 2) (FAO, 2000).

Los talar y los descope son utilizados generalmente para obtener productos de ciclo corto (leña, cujes, etc.), las podas de ramas y las podas se aplican para mejorar la calidad de la madera y las podas de recortes tienen un uso común en la modelación de setos vivos dentro de los sistemas agroforestales.

Con la inclusión de los árboles y arbustos en la ganadería se hicieron algunas modificaciones en las prácticas de manejo de esta rama; la mayoría de las técnicas de podas fueron utilizadas como medio de desarrollar las perennes leñosas dentro del tradicional sistema de producción de pastos (Hernández-Daumás y Russell, 2001). En los arreglos espaciales que se establecieron (cercas vivas, cultivos de callejones, bancos forrajeros), las características biológicas de las especies y la zona agroecológica donde se desarrolla, determinan el tipo de manejo (FAO, 2000).

En los bancos forrajeros se emplean cortes intensos, a bajas alturas o talar y a mitad del fuste o descope, por lo que para definir la estrategia de manejo se hace necesario conocer los efectos de las defoliaciones en las plantas.

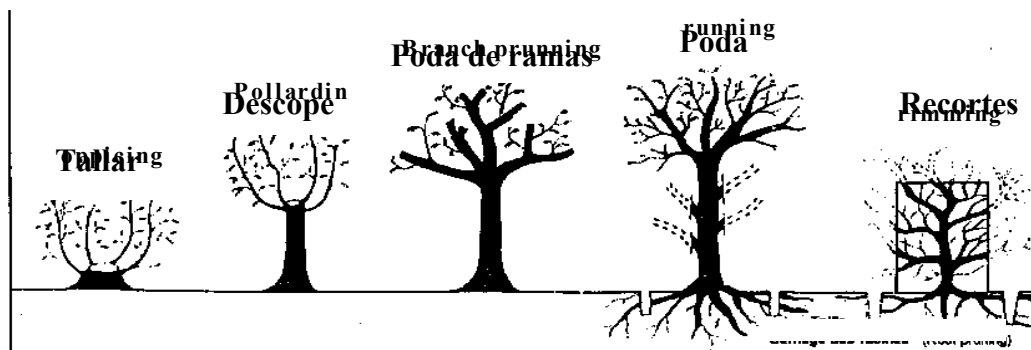


Fig. 2. Técnicas de corte en plantaciones forestales.

### 1.3.2 Las defoliaciones en la fisiología de las plantas

En las especies forrajeras el desarrollo de la biomasa cosechable depende de la distribución de las reservas de carbohidratos no estructurales en las diferentes partes de la planta (aérea y subterránea) (Erdmann, Nair y Kang, 1993), de la presencia de tejido meristemático y de la capacidad fotosintética del área foliar residual (Stür, Shelton y Gutteridge, 1994). A su vez, los elementos anteriores están vinculados con la disponibilidad de los recursos abióticos, como el agua y los nutrientes (Richards 1993). Las deficiencias nutricionales y el estrés hídrico disminuyen el rango de formación del rebrote y la actividad del tejido fotosintético (Mott, Ludlow, Richard and Parsons, 1992), y pueden acelerar la senescencia de la hoja (Bittman, Simpson & Mir, 1985), disminuyendo la producción de biomasa comestible.

La intensidad de la defoliación determina las respuestas fisiológica o morfológica de las plantas ante los cortes (Chapman y Lemaire, 1993). En los árboles y arbustos leguminosos, cuando las defoliaciones son moderadas, la fisiología del vegetal permite recuperar las reservas de carbohidratos y facilita la fijación biológica de nitrógeno (Nygren, 1996), manteniendo el balance de crecimiento de las raíces y los rebrotes; si, por el contrario, se incrementa la severidad de las defoliaciones, son necesarios ajustes morfológicos, como producto de la disminución constante de área foliar que deprime el flujo de carbohidratos hacia los nódulos fijadores de nitrógeno, el cual al no ser fijado debe ser suministrado a partir de las reservas de las partes restantes del árbol y del nitrógeno mineral del suelo (Okano, Komaki & Matzua, 1994).

La defoliación tiene gran influencia en la actividad enzimática dentro de las plantas. Con posterioridad a los cortes, se incrementa la actividad de las enzimas hidrolíticas, como la fructan-exo-hidrolasa o proteinasa, como fuente de reservas en sustitución de los carbohidratos, los que al adquirir estabilidad inducen el decrecimiento hidrolítico (Ourry, Bigot, Kim, Baucaud & Salette, 1997).

La defoliación puede aumentar la tasa de intercambio gaseoso en el follaje residual o de rebrote en diferentes especies de árboles (Reich, Walters, Krause, Vanderklein, Raffa & Tabone, 1993; Pinkard, Beadle, Davidson & Battaglia, 1998), tanto en condiciones tropicales y templadas (Reich et al., 1993), desérticas (Senock, Sisson y Donart, 1991) como subárticas (Hoogesteger & Karlsson, 1992). Puede a su vez mejorar el nivel de agua en la planta, al aumentar la conducción hidráulica por vía de raíz a hoja (Reich et al, 1993), y afectar los procesos bioquímicos y biofísicos de asimilación de CO<sub>2</sub> (Pinkard y Beadle, 1998).

El momento en que se realicen los cortes en las plantas, ya sea cuando se encuentra en estado vegetativo o reproductivo, determina la mayor o menor presencia de algunos elementos minerales en las ofertas del forraje. Durante el estado vegetativo los por cientos de calcio, magnesio y potasio son altos, mientras que los contenidos de hierro disminuyen en este período (Convertini & Ferri, 1997).

En general las defoliaciones pueden causar disminución del proceso respiratorio (Chapin III & Slack, 1979), reducción del crecimiento (Nygren, Kiema & Rebottaro, 1996), senescencia de nódulos (Nygren, 1996),

disminución de la densidad del dosel (Roggero, Franco, Sitzia & Caredda, 1997), declinación del carbono en el interior de la planta (Ourry et al., 1997), muerte de una parte de las raíces (FAO, 2000) y reducción del uso del agua en el suelo (Lott, Howard, Ong & Black, 2000).

### 1.3.3 Tolerancia de las especies arbóreas a la defoliación

Según las investigaciones realizadas, existen diferencias en la tolerancia de las especies arbóreas forrajeras ante los cortes repetidos (Stür et al., 1994). Se ha demostrado que *Erythrina berteroana* bajo régimen de corte intenso puede disminuir su producción de rebrotes (Pezo, Kass, Benavides, Romero y Chávez, 1990), a diferencia de los géneros *Gliricidia*, *Leucaena* y *Calliandra* que toleran cortes intensos (Catchpoole y Blair, 1990). En el caso de *Sesbania glandiflora*, la distribución de yemas axilares meristemáticas activas se concentra en la parte superior de la planta, por lo que con defoliaciones próximas al suelo el rebrote es escaso (Catchpoole y Blair, 1990; Stür et al., 1994).

*Albizia lebbeck* muestra tolerancia a las defoliaciones, sobre todo en zonas secas, al tener alta capacidad de rebrotar bajo estrés hídrico (Djogo, 1992; Lowry et al., 1994), y aunque se ha observado que el 21 % de sus raíces son superficiales, estas tienen más de 1 metro de profundidad (tabla 3), lo que determina su poder de recuperación siendo considerada una excelente fuente de forraje.

Tabla 3. Profundidad (cm), extensión lateral (cm) y por ciento de biomasa de las raíces en especies de árboles en el noroeste de la India.

Especies	Profundidad de raíces (m)	Extensión lateral (m)	Biomasa de raíces (%)
<i>Acacia nilotica</i>	2.09	3.04	14
<i>Albizia lebbeck</i>	1.18	2.65	29
<i>Dalbergia sissoo</i>	1.27	2.92	21
<i>Prosopis cinerana</i>	2.23	3.30	21
<i>L. leucocephala</i>	0.97	1.43	20

### 1.3.4 Momento de la defoliación y tamaño de los árboles

La primera defoliación es determinante en el comportamiento posterior de las especies que serán manejadas bajo régimen de corte, pues afectará el engrosamiento de los tallos y el desarrollo radical, las cuales determinan la capacidad de rebrote de la planta (Ella, Blair y Stür, 1991).

Es usual que la mayoría de las leñosas perennes alcancen de 1-1.5 m de altura antes de ser cortadas, y el período para lograrlo es posterior al año de establecimiento (Pezo et al., 1993), aunque estos parámetros pueden variar en dependencia de las características de las plantas y las condiciones edafoclimáticas. De acuerdo con Gamboa, Mendoza, Medina y Solario (2000), *Albizia lebbeck* a los 10 meses de plantada ha logrado alturas de 1,61 m en suelos de rendzinas café rojizas y negras con litozoles y clima cálido subhúmedo; este período fue más corto (4,3 meses) en *Leucaena leucocephala* en un suelo Ferralítico Rojo y clima tropical (Del Pozo et al., 2000), donde alcanzó una altura de 1.97 cm. Los beneficios de un período adecuado de establecimiento antes de iniciar los cortes fueron demostrados por Ella et al. (1991), quienes definieron que la edad de los árboles en el primer corte estaba relacionada con los rendimientos subsecuentes; en este sentido, los rendimientos de árboles adultos superaron a los jóvenes y mantuvieron un incremento en el crecimiento, el que fue sustentado por las mayores reservas de carbohidratos en sus troncos y el profuso sistema radical.

El corte del forraje en diferentes estaciones del año (seco y lluvioso) y a diferentes estadios de desarrollo (floración y vegetativo), tiene una estrecha relación y actúa en el comportamiento del rebrote.

Los cortes al inicio o durante el período seco, donde existe una disminución del área fotosintéticamente activa y de la disponibilidad de agua (Mott et al., 1992), pueden provocar el agotamiento de las reservas orgánicas (como máxima fuente de su sustento), lo que conlleva a la disminución del rango de formación del rebrote y al retardo del desarrollo de la planta (Bittman, Simpson y Mir, 1985).

Muchos de los árboles utilizados en la producción de biomasa forrajera, como *Albizia lebbeck*, son caducifolios y al inicio de la época seca pierden sus hojas (Hernández et al., 2000), pero se ha comprobado que al realizar podas estratégicas al final de la época de lluvia en *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* se puede retardar esta pérdida. De acuerdo con lo señalado por Beer (1987), esto podría atribuirse a que al podar en lluvia las plantas pueden continuar creciendo durante la estación poco lluviosa, mientras que las no podadas cesan el crecimiento vegetativo y usan las reservas para la formación de flores y frutos.



### 1.3.5 Intensidad de defoliación

La intensidad de corte, expresada como altura del material remanente luego de la poda, es determinante en la productividad de un banco forrajero a largo plazo (Pezo e Ibrahim, 1999).

En el género *Leucaena*, al comparar tres alturas de corte (5, 38 y 76 cm), se obtuvieron mayores rendimientos con la altura más baja (Takahashi y Ripperton, 1949); por el contrario, en otro experimento con alturas de 50, 100 y 150 cm, se encontró en este género que en las mayores se

presentaron los rendimientos más elevados, tanto para el período lluvioso como el poco lluvioso (Francisco, Simón y Soca, 1998).

El género *Albizia* constituye uno de los menos estudiados en lo referente a la intensidad de defoliación. Según Benjamín, Shelton y Gutteridge (1999) en plantaciones de *Albizia sp.* defoliadas a 60, 100 y 150

cm, con el incremento de la altura de corte el número de raíces remanentes, hojas y yemas se elevaron, lo cual determinó la rapidez del rebrote. Es necesario destacar que pueden existir diferencias en el comportamiento de las especies dentro del mismo género. Al evaluar *Albizia gummifera* y *A. niopoides* se ha observado que esta última incrementa sus rendimientos con la elevación de la altura de corte desde 15 hasta 75 cm y bajo las mismas condiciones de manejo *A. gummifera* no muestra variación significativa (Lanbi, Awojido, Adekunle, Ladipo y Akinlade, 2000).

Dados los antecedentes, es difícil hacer una recomendación general sobre la altura óptima de poda para las diferentes especies arbóreas y arbustivas y distintas condiciones edafoclimáticas, por lo que es recomendable tener en cuenta y aplicar los principios básicos de la fisiología del rebrote de los árboles forrajeros (Ibrahim, Camero, Pezo y Esquivel, 1998):

- ♦ Con una defoliación intensa disminuye el área remanente (Okano et al., 1994) y los rebrotes son fuertemente dependientes de las reservas orgánicas (Pezo et al., 1993).
- ♦ La presencia de área foliar remanente permitirá que el crecimiento dependa tempranamente de los productos de la fotosíntesis (Stür et al., 1994).
- ♦ Para que exista un rebrote vigoroso debe estar presente un número importante de yemas en el material remanente (Ibrahim et al., 1998).
- ♦ La defoliación puede intensificarse cuando existe un período adecuado para la recuperación de las reservas utilizadas por el rebrote (Mochiutti, 1995)

### 1.3.6 Intervalos entre cortes

Muchas investigaciones han demostrado que los intervalos entre cortes o la frecuencia con que es podada la planta es un factor determinante en la proporción de la fracción vegetal (biomasa total, comestible o leñosa). Cuando se prolongan los intervalos, generalmente el monto de la biomasa total se eleva y se presenta una acumulación de tejido leñoso, a la vez que existe una declinación de la fitomasa comestible (Papanastasis, Platis y Dini-Papanastasis, 1998; Hernández-Daumás, Russell y Arah, 2001).

El momento óptimo para cosechar el follaje de las especies arbóreas es cuando existe la máxima producción de biomasa comestible, esto ocurre cuando dicha fracción representa del 50 al 60% del total producido (Stür et al., 1994) y se inicia la caída de las hojas en las ramas inferiores (Blair, Catchpoole y Horne, 1990), lo cual varía con la especie, la densidad de plantación y las condiciones climáticas.

Existe una estrecha relación entre la máxima producción de biomasa y las tasas de producción. Al comparar los cambios en la tasa de producción semanal con los cambios en la media de la producción semanal, se puede determinar el mejor intervalo de corte para maximizar la producción de material comestible. La mayor media de producción semanal ocurre cuando la tasa de producción semanal ya presentó su punto máximo y está en decrecimiento. Esto significa que la producción del material comestible se puede maximizar por intervalos de cortes entre el punto máximo de la tasa de producción semanal y el punto máximo de la media de producción semanal (Mochiutti, 1995).

Se ha determinado que el uso de las frecuencias de corte en las zonas húmedas es más flexible con relación a las zonas secas y en las tropicales de altura, donde el crecimiento es más lento y las especies necesitan un período mayor de recuperación (Ibrahim et al., 1998). Mochiutti (1995) considera que el rango óptimo para cosechar el forraje en *Gliricidia sepium* en el trópico húmedo está entre 50 y 75 días, mientras que en climas semiáridos *Robinia pseudoacacia* y *Quercus pubescens* mostraron su mayor capacidad de producción de biomasa con un rango de 120 y 180 días, respectivamente (Papanastasis et al., 1998).

Los intervalos de corte influyen en la calidad del material cosechado. Las mayores frecuencias de defoliación pueden aumentar el contenido proteico y reducir la fibra bruta, con la remoción del follaje y su reemplazo por tejido más joven (Gómez, Murgueitio, Molina, Molina y Molina, 1995; Higuera et al., 1998). Ferrer, Clavero y Razz (1999) consideran que los cortes frecuentes cada 30 días disminuyen los contenidos de Ca, P y Mg;

mientras que Clavero (1993) encontró un incremento del contenido de fibra neutro detergente (FND) y una disminución de la proteína cruda a medida que transcurría el ciclo biológico de la planta, debido a un aumento de los elementos estructurales y la reducción del número de hojas.

### 1.3.7 Densidad de plantación

Los árboles forrajeros plantados con mayores densidades de siembra deben aportar mayores producciones de biomasa comestible por área. En *Leucaena*, bajo tres densidades de plantación (6, 3, 1 árbol/m<sup>2</sup>) y tres frecuencias de corte (60, 90 y 120 días), Savory, Breen y Bealce (1980) no detectaron influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento total de materia seca, pero la mayor producción ocurrió con la plantación más densa (8,2 t de MS/ha/año). Resultados similares observaron Pineda y Ramírez (2000) en *Calliandra calothyrsus* y *Perymenium grande*, donde la mayor densidad de siembra de 1 árbol/m<sup>2</sup> derivó los más altos rendimientos, con diferencias estadísticas significativas en la producción de biomasa aérea comestible, no comestible y el por ciento de proteína cruda.

Existe además interacción entre la frecuencia de poda y la densidad de siembra (Hernández et al, 2000). Se considera que los árboles deben ser cosechados cuando el dosel arbóreo se cierra y la biomasa aérea ha alcanzado el índice de área foliar mayor, justamente ante la caída de las hojas más bajas de la canopia (Blair et al., 1990). Pero ocurre que en árboles sembrados a altas densidades el cierre de sus copas se debe alcanzar antes que en los sembrados a bajas densidades. En este caso para maximizar la producción de biomasa comestible en plantaciones densas se requieren intervalos de corte más cortos que en plantaciones ralas (Horne, Catchpoole & Ella, 1986).

## Capítulo 2. Metodología experimental

### 2.1 Aspectos generales

El estudio se desarrolló en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, ubicado en la provincia de Matanzas, Cuba. La estación se localiza a los 20°50' de latitud norte y 79°32' de longitud oeste, a una altitud de 19 msnm.

#### 2.1.1 Caracterización del área experimental

##### 2.1.1.1 Clima

El clima de Cuba es subtropical moderado y existen dos estaciones en año bien diferenciadas: lluviosa, desde mayo hasta octubre (960 mm) y seca, de noviembre a abril (240 mm), con un promedio anual de precipitación de 1 375 mm. La temperatura promedio está cercana a los 25 °C y la humedad relativa es más baja que en los climas tropicales típicos, de 60/70 % y 80/90 % durante el día y la noche respectivamente (Fernández, Ricardo, Machado, Baró, Martínez, Herrera, Albert, Ventosa, Bridón, 1999).

En la tabla 4. Se pueden apreciar algunos indicadores climáticos que ocurrieron durante el período experimental.

Tabla 4. Variables climáticas durante el período experimental. Estación meteorológica “Indio Hatuey”. Matanzas.

AÑO	EPOCA	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMP. MEDIA (°C)	H.R. (%)	EVAPORACIÓN (%)
1	SECA	104.3	21.7	81	4.7
2		285.5	21.7	79	5.0
3		213.5	21.5	80	5.0
1	LLUVIA	1035.4	25.9	83	5.4
2		1383.2	25.3	84	4.8
3		841.0	25.7	82	5.8

##### 2.1.1.2 Suelo

El suelo donde se desarrolló el experimento es de topografía plana y clasificado por Hernández et al (1999) como Ferralítico Rojo lixiviado, sus características químicas las podemos observar en la tabla 5.

Tabla 5. Características químicas del suelo donde se desarrolló el experimento.

RÉPLICA	PROFUND.(cm)	M.O (%)	PH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (MG/100 G)	CATIONES (MEQ/100 G)			
					Ca	Mg	K	Na
1	0 –20 cm	3.68	5.92	3.5	17.3	2.07	0.18	0.07
2		3.27	6.00	3.4	16.6	3.52	0.15	0.04
3		3.61	6.57	4.3	19.6	1.48	0.22	0.08
4		3.57	6.75	2.3	20.7	3.74	0.19	0.09

El contenido de materia orgánica es media según la clasificación de Walkley y Black (Rodríguez, 2001), ya que se encuentra en el rango de 2.5 a 4.0%. Estos resultados coinciden además con la tendencia de los suelos cubanos dedicados a la ganadería los que generalmente poseen menos del 5 % de materia orgánica.

El pH encontrado fue ligeramente ácido y los contenidos de fósforo disponible son bajos. Los cationes intercambiables Ca, Mg y K poseen valores moderados mientras que el Na presentó bajos contenidos en este suelo.

Los suelos dedicados a la producción animal en Cuba son latosolizados, poco profundos. Generalmente son de buen drenaje y fertilidad media, pero reseccante, por lo que los pastos sufren, escasez de agua durante los períodos secos. Son productivos debido a sus favorables propiedades físicas. Sus principales limitantes son:

fuerte fijación del fósforo, alcanzar el punto de marchitez muy pronto durante la sequía y rocosidad y pedregosidad (Mesa y Suárez, 1986).

## 2.2 Metodología

Para el estudio se realizaron dos experimentos. En el primero se evaluó la potencialidad de producción de biomasa aérea de *Albizia lebbbeck* bajo diferentes alturas de defoliación y en el segundo se estudiaron diferentes frecuencias de defoliación empleando la mejor altura de poda del experimento para determinar la influencia en los rendimientos y la calidad de la biomasa.

### 2.2.1 EXPERIMENTO 1. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE BIOMASA DE ALBIZIA LEBBECK BAJO DIFERENTES ALTURAS DE PODAS

#### 2.2.1.1 Antecedentes y manejos del área experimental

Se utilizó una plantación de *Albizia lebbbeck*, de 8 años de edad sembradas en a partir de bolsas con cepellón, con un espaciamiento de 1 m entre hileras y plantas, ocupando un área neta de 300 m<sup>2</sup>.

En diciembre de 1997 se realizó un corte de uniformización para delimitar las parcelas, los bloques y establecer los tratamientos. En abril de 1998 se efectuó la segunda defoliación, la que determinaría la acumulación de biomasa en el período seco. En octubre de 1998 se efectuó la segunda defoliación, determinando así del material vegetal aéreo en el período lluvioso. En ambas intervenciones fue cuantificado la biomasa total y separadas con posterioridad en fracciones comestibles y no comestible.

Durante toda la fase experimental (1 año) se realizaron controles de malezas y podas de las plantas que rodeaban las parcelas. No se aplicó fertilizantes ni riego y no se detectó ningún ataque de plagas ni presencia de enfermedades.

#### 2.2.1.2 Tratamiento y diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos en evaluación fueron:

Altura de corte de 50 cm  
Altura de corte de 100 cm  
Altura de corte de 150 cm

La dimensión de la unidad experimental (parcela) fue de 5 m de largo y 5 m de ancho, para un área total de 25 m<sup>2</sup>, existió 1m entre plantas y surcos y existieron 25 plantas/parcela. Alrededor de toda el área fue podado 1 m para eliminar el efecto de borde sobre los resultados experimentales, elevándose el área bruta a 427 m<sup>2</sup>.

#### 2.2.1.3 Análisis de la información

A partir de los datos tomados en el campo se calcularon las variables para los análisis estadísticos utilizando las siguientes fórmulas:

- ♦ Producción de materia seca total (MST)  
 $MST = \sum \text{de hojas y tallos tiernos de la evaluación} + \sum \text{de tallos leñosos de la evaluación}$
- ♦ Producción de materia seca comestible (MSC)  
 $MSC = \sum \text{de hojas de la evaluación} + \sum \text{de tallos tiernos de la evaluación}$
- ♦ Producción de materia seca no comestible (MSNC)  
 $MSNC = \sum \text{de tallos leñosos de la evaluación}$
- ♦ Altura del rebrote (AR)  
 $AR = \text{Altura del rebrote en evaluación final } i - \text{Altura del rebrote en evaluación inicial } i-1.$

### 2.2.2 EXPERIMENTO 2. EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA Y LA CALIDAD NUTRITIVA DE ALBIZIA LEBBECK

#### 2.2.2.1 Antecedentes y manejos del área experimental

Se utilizó una plantación de *Albizia lebbbeck* de 8 años de edad sembradas a partir de bolsas con cepellón, con un espaciamiento de 1 m entre hileras y plantas, ocupando un área neta de 400 m<sup>2</sup>.

El 15 de noviembre de 1998 se realizó un corte de uniformización para delimitar las parcelas y establecer la altura de corte (1m). Durante dos años (1999-2000) se realizaron cortes atendiendo a las frecuencias de defoliación. En todas las intervenciones fue cuantificada la biomasa total y separada con posterioridad en fracciones comestibles y no comestibles. De las fracciones se tomaron muestras de 300 g y se secaron en la estufa a 80°C para la determinación del valor nutricional y el rendimiento de materia seca de la biomasa. Durante el período experimental (2 años) se realizó control de las malezas dentro del área, la misma no fue fertilizada y la evaluación fitosanitaria no demostró afectación.

#### 2.2.2.2 Tratamiento y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos en evaluación fueron:

- a) Frecuencia de corte cada 45 días
- b) Frecuencia de corte cada 90 días
- c) Frecuencia de corte cada 135 días
- d) Frecuencia de corte cada 180 días

La dimensión de la unidad experimental (parcela) fue de 5 m de largo y 5 m de ancho, para un área total de 25 m<sup>2</sup> y 25 plantas por parcelas. Fue eliminado 1 m de efecto de borde alrededor de toda el área neta, incrementándose el área bruta hasta 484 m<sup>2</sup>.

#### 2.2.2.3 Análisis de la información

Se calcularon las variables para los análisis estadísticos utilizando las siguientes fórmulas:

- ♦ Producción de materia seca total por año =  
Para la frecuencia de 45, 90 y 180 días :  $\frac{\sum \text{de cada evaluación}}{360} \times 365$   
Para la frecuencia de 135 días :  $\frac{\sum \text{de cada evaluación}}{270} \times 365$

La producción de materia seca total /año es el equivalente a 365 días, pero la evaluación de las defoliaciones cada 45, 90 y 180 días se realizó en un período de 360 días y para las defoliaciones de 135 días en un período de 270 días.

- ♦ Tasa de producción diaria de materia seca (TDP):

$$\text{TPD (kg/ha/día)} = \frac{\text{Producción en cada evaluación}}{\text{Frecuencia de defoliación}}$$

- ♦ Número de rebrotes (NR).  
NR = Número de rebrotes en la evaluación final i - Número de rebrotes en la evaluación inicial i-1.
- ♦ Diámetro de rebrotes (DR).  
DR (cm) = Diámetro de rebrotes en la evaluación final i - Diámetro de rebrotes en la evaluación inicial i-1.

#### 2.2.3 Modelos matemáticos

##### EXPERIMENTO 1. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE BIOMASA DE *ALBIZIA LEBBECK* BAJO DIFERENTES ALTURAS DE PODAS

Para el análisis estadístico de la materia seca comestible, materia seca no comestible, materia seca total, altura de las plantas y altura del rebrote se utilizó el siguiente modelo aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Variables de respuestas

$\mu$  = Media general

$R_i$  = Efecto de la réplica (i = 1, 2, 3, 4)

$T_j$  = Efecto de la altura de corte (j = 1, 2, 3)

$e_{ij}$  = Error experimental

## EXPERIMENTO 2. EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DE ALBIZIA LEBBECK.

Para el análisis estadístico de los rendimientos de materia seca comestible (MSC), rendimientos de materia seca no comestible (MSNC), rendimientos de materia seca total (MST), tallos tiernos(TT), hojas(H), tasa de producción diaria de materia seca (TDP), Número de rebrotes (NR), diámetro de rebrotes (DR), altura de las plantas en las evaluaciones (AP) y las variables de valor nutritivo (Proteína bruta, fibra bruta, fósforo, calcio) se utilizó el siguiente modelo aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Variables de respuestas

$\mu$  = Media general

$R_i$  = Efecto de la réplica ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$T_j$  = Efecto de la de las frecuencias de corte ( $j = 1, 2, 3, 4$ )

$e_{ij}$  = Error experimental

### 2.2.4 Análisis estadístico

La estadística experimental fue desarrollada a partir del paquete STAGRAPHS ver 7.0. En ambos experimentos el análisis de los datos de cada variable se realizó por el procedimiento de análisis de varianza. Cuando la fuente de variación tratamiento demostró un efecto significativo sobre la variable en estudio se elaboró la tendencia de la misma a partir de un análisis de regresión lineal ( $y=a+bx$ ) o del modelo que se ajustara, en ambas alternativas “y” fue la variable respuesta y “x” la altura o frecuencia de corte. Para la comparación entre los factores cualitativos Año 1 y Año 2 se realizó el análisis de varianza y a partir del efecto significativo de los tratamientos se aplicó la dócima de comparación Duncan (Steel y Torrie, 1988).

### 2.2.5 Variables evaluadas

- Rendimientos de materia seca total.** En cada experimento, de acuerdo con las alturas de corte y su frecuencia de recolección, fue cosechado y pesado todo el material producido en las parcela (25 plantas), con posterioridad se separó en fracciones comestible (hojas y tallos tiernos <6mm) y no comestibles (tallos >6mm) y se cuantificó. Se retiraron muestras por parcelas para secarlas en la estufa 60 °C y determinar la materia seca y los análisis de laboratorio.
- Altura de las plantas.** En ambos experimentos se marcó en cada parcela la hilera central y se midió la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama más alta y se expresó en cm.
- Altura del rebrote.** Se midió la altura alcanzada desde el tocón por los rebrotes de los tres surcos centrales de las parcelas y se determinó en cm.
- Rendimientos de materia seca comestible.** Bajo las diferentes frecuencias de cortes, se cosechó toda la biomasa comestible (hojas y tallos tiernos <6 mm). Se registraron los pesos frescos de la biomasa total de cada muestra, luego se tomó una submuestra para el secado a la estufa y otra para los análisis de laboratorio.
- Rendimientos de materia seca no comestible.** Para ambos experimentos a partir de la materia seca total se tomó los tallos > 6 mm, los que fueron cuantificados en Kg./ha. Se tomó una muestra de 300 g para la determinación de la materia seca.
- Producción de hojas y tallos tiernos.** Bajo las diferentes frecuencias de defoliación se cosechó toda la materia seca comestible y se separó las hojas y tallos tiernos menores de 6 mm, cuantificándolos y tomando muestras de 300 g para determinar la materia seca en kg/ha y los análisis de laboratorio.
- Número de rebrotes.** Se obtuvo a partir de conteo de rebrotes en cada planta de los tres surcos centrales bajo cada frecuencia de corte y se expresó como número de rebrotes por planta por frecuencia de corte y se expresó en cm.
- Diámetro de rebrotes.** Fue medido el diámetro de cada rebrote producido en todas las plantas con las diferentes frecuencias de corte. Se expresó como diámetro de los rebrotes por frecuencia de corte y se expresó en cm.
- Tasas de producción.** Fue cuantificada la producción de materia seca comestible de cada frecuencia y dividida entre los días de crecimiento: 45, 90, 135 y 180 días. Se expresó en Kg./ha/día.
- Proteína bruta (PB).** Se cuantificó por el método de Nessler (Snell y Snell, 1954). Esta variable se expresó como porcentaje de las fracciones de la biomasa comestible.
- Fibra bruta (FB).** Se determinó por el método de Hennerberg Stohman (AOAC, 1965). Se expresó como porcentaje de la materia seca de las fracciones de la biomasa comestible.
- Contenido de fósforo (P).** Se determinó por espectrofotometría de absorción utilizando para el desarrollo de color el del complejo azul fosfomolibdico. Se expresa como porcentaje de la materia seca.
- Contenido de calcio (Ca).** Se determinó por el método complejimétrico (AOAC, 1965). Se expresa como porcentaje de la materia seca.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

### 3.1 Experimento 1 Determinación del potencial de biomasa de *Albizia lebbeck* bajo diferentes alturas de podas.

#### 3.1.1 Producción de materia seca

##### 3.1.1.1 Producción de materia seca comestible

En el período poco lluvioso (Gráfica 1) los tratamientos influyeron significativamente ( $P < 0.05$ ) en la variabilidad de los rendimientos promedios de la materia seca comestible. Se pudo observar una tendencia al incremento lineal ( $P = 0.0015$ ) de esta fracción a medida que se elevaba la altura de corte (Cuadro 1A), pasando de 156 Kg. MS /ha. hasta 363 Kg. MS/ha para la altura de defoliación de 50 cm y 150 cm respectivamente y con una similitud en las respuestas de las producciones cuando se cortó a 50 y 100 cm.

La altura de los cortes es un factor importante en los aportes de materia seca comestible. La producción de biomasa se incrementa con la mayor presencia de área foliar, la que facilita los compuestos nutricionales para la emisión de los rebrotes, quienes dependen más inicialmente según Isaraseen et al (1985) de los carbohidratos de reservas que de los provenientes del proceso fotosintético, con posterioridad a la defoliación las plantas presentan poca área fotosintética y una gran proporción de este material posee en la cubierta baja capacidad para tomar el  $\text{CO}_2$  (Mott et al, 1992). De este modo los tratamientos de defoliaciones con cortes elevados hasta 150 cm, presentaron una alta posibilidad de inversión de recursos en la biomasa comestible, lo cual determinó en incremento significativo de esta fracción (Delgado, González, López y Urdaneta, 2001). Por el contrario en las defoliaciones a bajas alturas (50 cm) existió una tendencia a la disminución de la materia seca comestible, que pudo estar provocado por la falta de reservas de carbohidratos debido a la depresión de la cantidad de biomasa activa que permite sostener el rebrote inicial, lo que minimiza los rendimientos (Hernández-Daumás y Russell, 2001).

El manejo de las alturas de defoliación está estrechamente relacionado con las características de la especie arbórea, las condiciones climáticas y el nivel de fertilización en el área (FAO, 1999; Pineda y Ramírez, 2000; Llamas et al, 2001). La similitud de los rendimientos de biomasa comestible entre 50 y 100 cm de altura de corte encontrada en la especie en estudio también se constató en *Erythrina sp.* (Gómez et al, 1995), debido según los autores anteriores a la pérdida de puntos importantes de crecimiento en la altura de 100 cm que la igualan a la altura de 50 cm. Se ha demostrado además que bajo escaso régimen de precipitaciones semejante al del período de evaluación (Tabla 2), es necesario manejar estratos entre 130 y 150 cm, los que permiten los mayores rendimientos de materia seca (Gómez et al, 1995).

Para la planta en estudio existe escasa información sobre el tema pero resultados similares se han presentado en otras especies del género *Albizia*, en *Bahuinia monandra*, *Inga edulis*, *Gliricidia sepium* y *Acacia mangium* (Lanbi et al, 2000 y Rodríguez-Petit; Clavero y Razz, 1998).

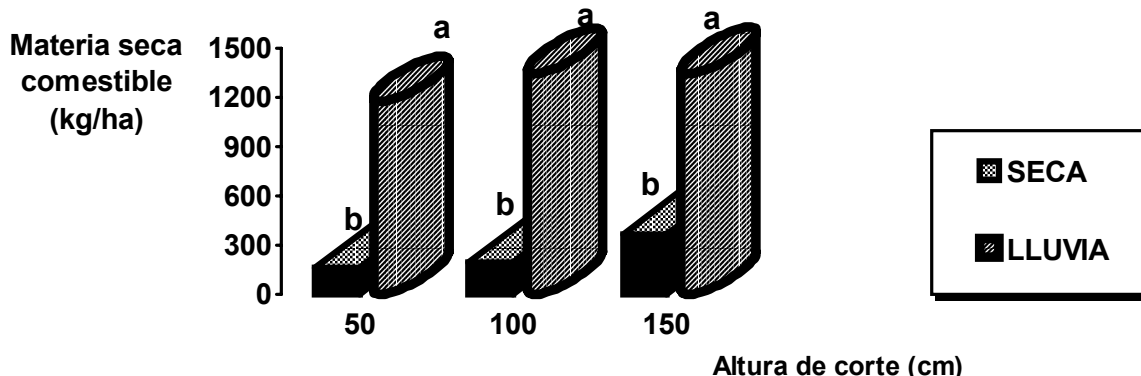
En el período lluvioso los promedios de materia seca comestible sobrepasaron los 1 000 Kg., con valores de 1 172, 1 344 y 1 346 Kg. MS/ha para 50, 100 y 150 cm respectivamente. En este caso existió una tendencia al incremento de los rendimientos a medida que se elevó la altura de corte, pero a diferencia del poco lluvioso, la aplicación de los tratamientos no determinó estadísticamente en el comportamiento de la variable, al respecto Martín et al (2000) en *M. alba* no encontraron diferencias significativas en las producciones de materia seca comestible en la lluvia cuando usaron alturas de corte de 50 y 100 cm de alturas de corte.

Durante este período se produjo una buena disponibilidad de los recursos ambientales (agua, humedad relativa, etc.) y se hace un uso más eficiente de los nutrientes, motivándose una menor utilización de las reservas remanentes como única fuente de reproducción vegetativa (Mochiutti, 1995).

Según Higuera et al (1998) bajo las mismas condiciones climáticas la altura de defoliación utilizada es determinante en la variabilidad de los rendimientos. En el período poco lluvioso se presenta un comportamiento correspondiente con lo reportado, no obstante en el período lluvioso para *Albizia lebbeck* no muestra diferencias significativas en cuanto a la producción de materia seca comestible con 50, 100 y 150 cm, lo que sugiere que en este período las tres alturas cuentan con la misma posibilidad de obtener nutrientes del medio.

Los resultados experimentales demostraron la evidencia de diferencias productivas entre épocas (gráfico 1), se constató que en cada tratamiento los resultados productivos del período lluvioso superaron al poco lluvioso ( $P < 0.05$ ), independientemente de la altura de defoliación utilizada. *Leucaena leucocephala* y *E. poeppigiana* presentaron un comportamiento similar a la *A. lebbeck* donde los mejores resultados en producción y distribución de biomasa se lograron tanto a inicio como durante la época de lluvia (Torrez, Chacón, Arriojas y Armas, 2000; Hernández-Daumás y Russel, 2001). La mayoría de las plantas que crecen en los suelos con buena humedad tienen potenciales hídricos altos, con la disminución de la humedad del suelo, el potencial

hídrico de las hojas disminuye, mientras que su velocidad de crecimiento y el rango de formación de rebrotes y tejido fotosintético se reduce (Catchpoole y Blair, 1990; González y Cantú, 2001), por lo que el desarrollo de la biomasa se expresa de diferente forma en cada época.

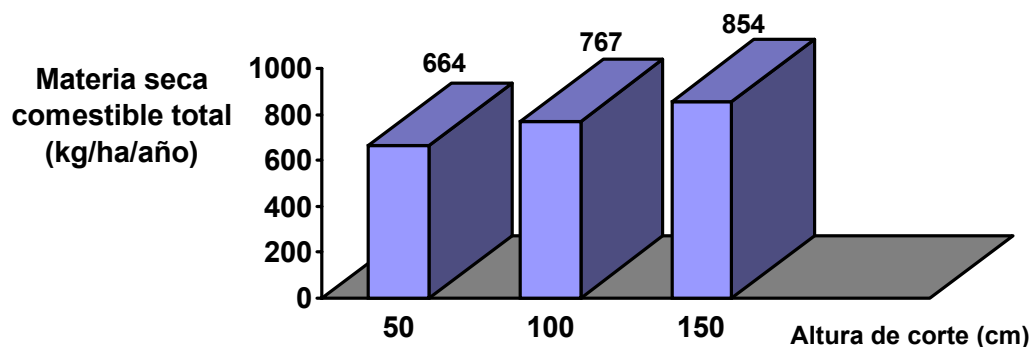


a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 1. Producción de materia seca comestible en *Albizia lebbeck* bajo tres alturas de corte (50, 100, 150 cm)**

Los rendimientos medios anuales de materia seca comestible por tratamiento (gráfico 2) fluctuaron entre 664 kg/ha y 854 kg/ha para 50 y 150 cm respectivamente. Al tener en cuenta el manejo a que fue sometido la especie (tratamientos) y las condiciones ambientales en que se desarrolló el período experimental (época), como aspectos de la variabilidad del monto de biomasa comestible media anual, se demostró que mientras los tratamientos no determinaron en la respuesta de la variable en estudio, la época si ejercía una influencia marcada en su comportamiento (Cuadro 2A). En este sentido Pérez y Hernández (2000) hicieron alusión a la posible influencia de las condiciones del clima en las características y la presencia de las flores y de los pedúnculos de *Giricidia sepium*, las que pueden causar algunas afectaciones en los rendimientos de la biomasa.

Existen diferentes parámetros climáticos que caracterizan una época y no todos ejercen la misma influencia en el comportamiento vegetativo o reproductivo de los componentes bióticos de un ecosistema. Las variables climáticas que se consideraron en la acumulación de la materia seca total comestible de *Albizia lebbeck* fueron: la temperatura, la humedad relativa, la evaporación y el acumulado mensual de las precipitaciones. Los resultados demostraron que las precipitaciones fue el único parámetro climático determinante ( $P < 0,001$ ) en la respuesta de esta variable (Cuadro 3A).



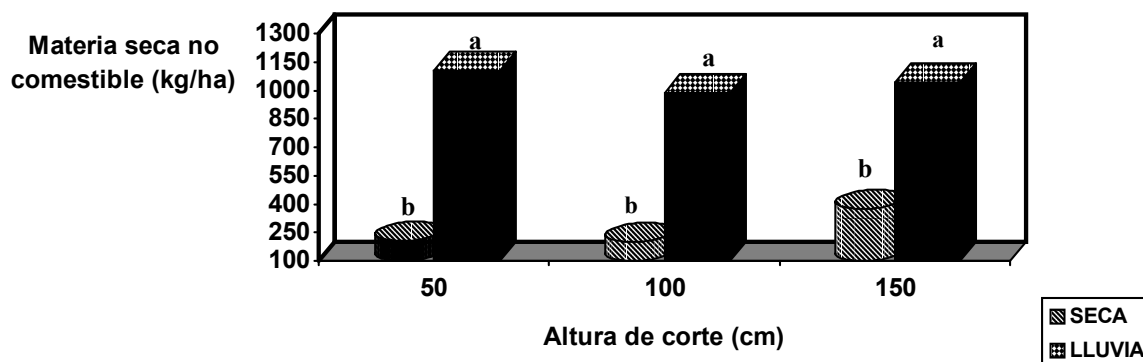
**Gráfico 2. Producción de materia seca comestible total/tratamiento de *A. lebbeck* bajo tres alturas de cortes (50, 100, 150 cm)**



Para especies como *Prosopis alba* también se ha observado la gran influencia que tiene la presencia de agua para la producción de materia seca y el mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo. En plantas que se desarrollaron en un medio de baja disponibilidad de agua no respondieron positivamente al incremento de la biomasa, al lograr solo 5 g/planta, no obstante de aplicársele fertilización; por el contrario cuando la disponibilidad de agua se incrementó las plantas no fertilizadas duplicaron su producción inicial y las fertilizadas sobrepasaron los 10 g/planta (Vilela y Ravetta, 2001).

### 3.1.1.2 Producción de materia seca no comestible

La fracción no comestible en la seca aumentó cuando las alturas de defoliación se elevaban ( $P < 0,001$ ), con una tendencia lineal (Cuadro 4A) pasando de 206 Kg MS/ha hasta 376 Kg MS/ha para los tratamientos 50 y 150 cm respectivamente (gráfico 3)



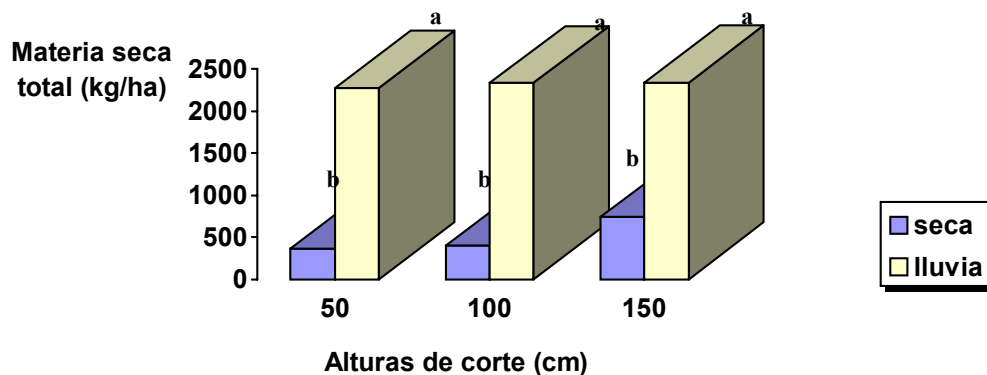
a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 3. Rendimientos de materia seca no comestible en *Albizia lebbeck* bajo tres alturas de corte (50, 100, 150 cm)**

Así como existió una mayor posibilidad de invertir reservas orgánicas en la producción de materia seca comestible con las alturas elevadas, probablemente se presentó un mayor aporte también de reservas para la formación de tejido leñoso. En el período lluvioso los tratamientos no presentaron diferencias significativas en la producción de materia seca no comestible.

### 3.1.1.3 Producción de materia seca total

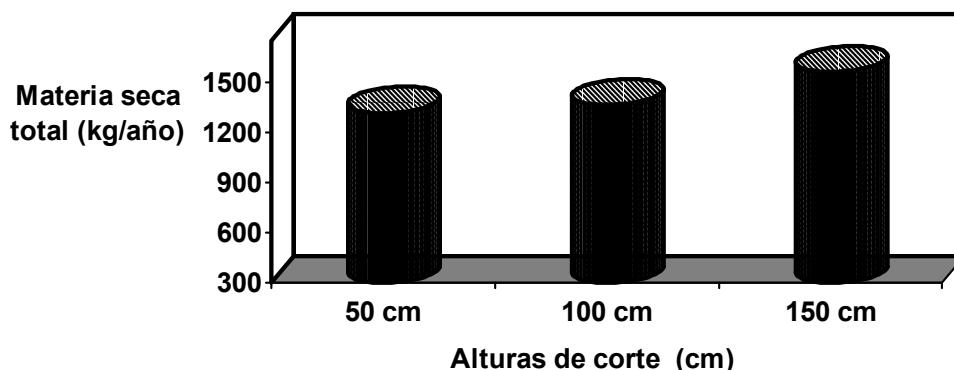
Las producciones de materia seca total de la época de lluvia superaron a los de la seca ( $P < 0,05$ ). En el período seco la disponibilidad de materia seca total aumentó linealmente ( $P < 0,05$ ) con el incremento de las alturas de defoliación (Cuadro 5A). En tanto los rendimientos alcanzados en la etapa lluviosa no demostraron diferencias significativas frente a los tratamientos evaluados (gráfico 4).



a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 4. Producción de materia seca total de *Albizia lebbeck* bajo tres alturas de cortes (50, 100, 150 cm).**

Al analizar la influencia que ejercían los tratamientos y la época sobre los rendimientos de materia seca total durante el año se pudo comprobar que los tratamientos no ejercieron influencia significativa, mientras que la época si determinó significativamente ( $P < 0,05$ ) en la variabilidad de la producción, la que se incrementó linealmente ( $P = 0,0001$ ) hasta acumular 1563 Kg. MS/ha/año a los 150 cm de altura (Cuadro 6A) (gráfico 5) y donde determinaron las precipitaciones (Cuadro 7A).



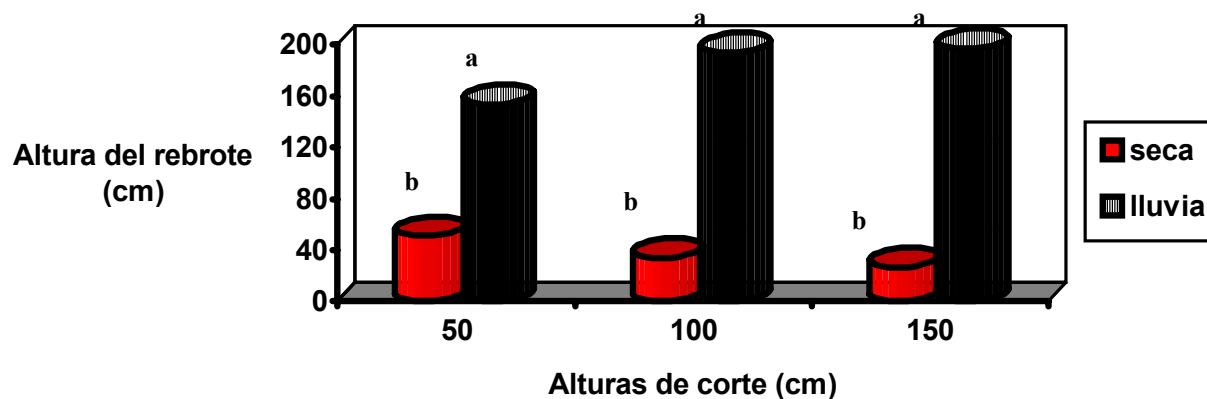
**Gráfico 5. Producción de materia seca totales por tratamiento de *Albizia lebbeck* bajo tres alturas de cortes (50, 100, 150 cm).**

En plantas arbóreas forrajeras del mediterráneo y de Centroamérica se ha comprobado el efecto de las condiciones ambientales en las variaciones anuales de producción. En *Quercus pubescens* y *Robinia pseudoacacia* la biomasa acumulada disminuyó anualmente producto a escasas precipitaciones de 550 mm/año (Papanastasis et al, 1998) por el contrario en *E. poeppigiana* se ha incrementado cuando las precipitaciones alcanzaron 2 636 mm/año (Benavides, Rodríguez y Borel, 1994)

### 3.1.3 Altura del rebrote

Tanto en la época de seca (Cuadro 8A) como en la de lluvia (Cuadro 9A) las alturas de defoliación no influyeron sobre la altura que alcanzó el rebrote al final del experimento. No obstante en seca la altura del rebrote disminuyó linealmente desde 51 hasta 27 cm para 50 y 150 cm de altura, mientras que en el período lluvioso se pudo observar una discreta tendencia a incrementar a medida que se elevaban las alturas de defoliación, con valores desde 154 hasta 197 cm para 50 y 150 cm respectivamente (gráfico 6).

Independientemente de la altura de corte aplicada en *Albizia lebbeck* al igual que en las anteriores variables evaluadas, las alturas que lograron los rebrotes en la lluvia superaron estadísticamente a las alturas alcanzadas en la seca, en dimensiones superiores a 100 cm ( $P < 0,05$ ).



a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 6. Altura del rebrote de *Albizia lebbeck* bajo diferentes alturas de corte (50, 100, 150 cm).**

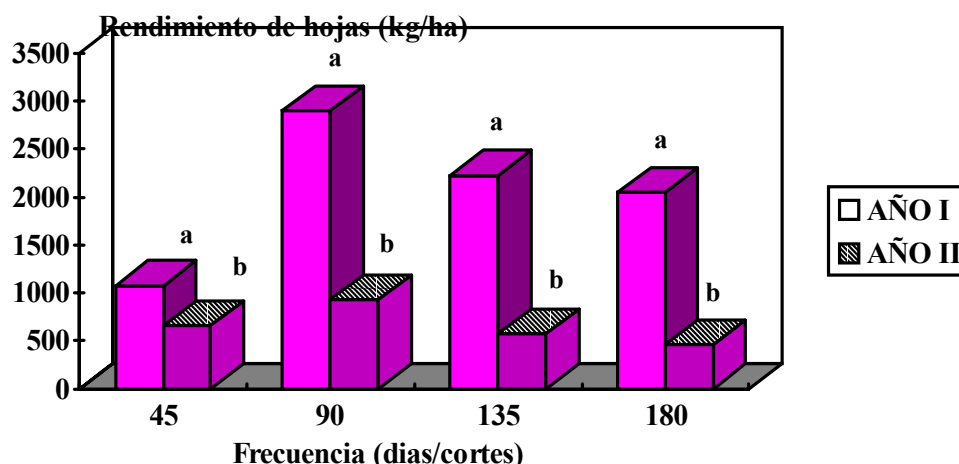
### 3.2 Experimento 2. Efecto de diferentes frecuencias de defoliación sobre los rendimientos de biomasa y calidad nutritiva de *Albizia lebbbeck*.

#### 3.2.1 Producción de materia seca

##### 3.2.1.1 Producción de hojas

Los rendimientos de hojas en los dos años de evaluación presentaron diferencias significativas entre si ( $P < 0,05$ ), con los mayores rendimientos en el primer año (gráfico 7).

Tanto en el primero ( $P < 0,001$ ) como en el segundo año ( $P < 0,05$ ) los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la producción de hojas. Esta variable presentó en el primer año una tendencia *recíproca doble* ( $P = 0,0001$ ) con el espaciamiento de las frecuencias de cortes (Cuadro 10A) y donde el incremento más notable se aprecia en las defoliaciones cada 90 días (2 899 Kg. MS/ha), las que llegaron a superar al tratamiento 180 días en 851 Kg. MS/ha y a 45 días en 1 823 Kg. MS/ha. Para el segundo año en la producción de hojas existió una tendencia recíproca doble ( $P = 0,0011$ ), al elevarse con las defoliaciones cada 90 días hasta 925 Kg. MS/ha (Cuadro 11A).



a, b valores entre años con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1995)

**Gráfico 7. Producción de hojas en *Albizia lebbbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días).**

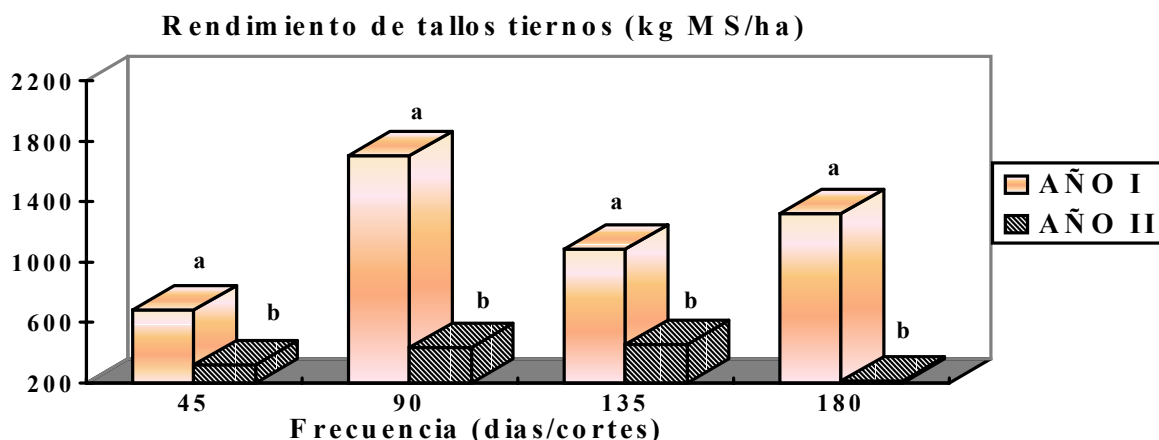
Estos resultados son similares a los obtenidos por Martín, García, Reyes, Hernández y Milera (2001) en *Morus alba* la que fue manejada a 45, 60, 75 y 90 días entre cortes y donde las mayores producciones tuvieron una tendencia al incremento en las defoliaciones cada 90 días con 5 240 kg MS/ha con una densidad de 25 000 plantas/ha.

*Albizia lebbbeck* es una planta de una aceptable proporción de hojas, esto lo demuestra el 67 % logrado de esta fracción con respecto a la biomasa total, que en ocasiones ha superado a especies como *Leucaena leucocephala* (51,6 %) y *Guazuma ulmifolia* (60,22 %) (Llamas, Castillo, Sandoval y Bautista, 2001)

##### 3.2.1.2 Producción de tallos tiernos

Con relación a la cantidad de tallos tiernos en la primera evaluación se pudo observar que los tratamientos determinaron significativamente ( $P < 0,001$ ) en la variación que estos tuvieron, con una tendencia recíproca doble (Cuadro 12A) por el aumento del intervalo entre defoliaciones, con promedios de 684, 1 701, 1 087 y 1 322 Kg. MS/ha para las frecuencias de 45, 90, 135 y 180 días entre cortes, respectivamente, observándose a su vez una tendencia al aumento de los tallos tiernos con los cortes cada 90 días, lo que permite suponer que con estas defoliaciones se puede lograr la productividad máxima para el primer año.

En la segunda evaluación la influencia de los tratamientos en la producción de tallos tiernos fue significativa ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 13A), sin embargo no se observó una tendencia definida con respecto al efecto del intervalo entre defoliaciones, concordando con los resultados obtenidos por Mochiutti (1995) en la especie *Gliricidia sepium* (gráfico 8).



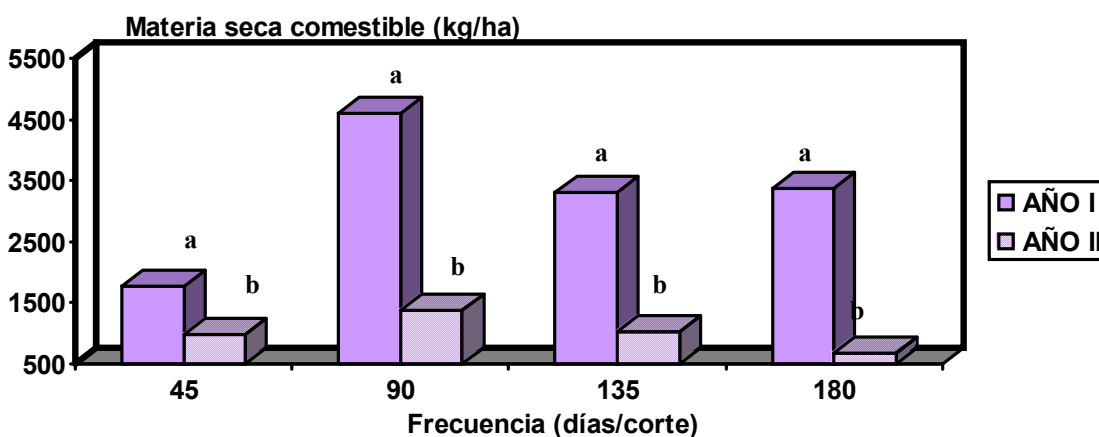
a, b valores entre años con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 8. Producción de tallos tiernos en *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días).**

### 3.2.1.3 Producción de materia seca comestible

Durante el primer período de evaluación las frecuencias de cortes influyeron significativamente ( $P < 0.05$ ) sobre la producción de materia seca comestible, la cual tuvo una disposición doble recíproca ( $P < 0.0001$ ) con la tendencia a las mayores producciones en las defoliaciones cada 90 días en el primer año (4 600 kg MS/ha) (Cuadro 14A). Existió una declinación de la cantidad de materia seca comestible al disminuir el tiempo entre cortes (45 días; 1 760 Kg. MS /ha), así como al emplear defoliaciones más espaciadas (135 y 180 días con 3 310 y 3 370 Kg. MS/ha). En contraste, en los rendimientos del segundo año no se produjeron diferencias significativas entre tratamientos, pero existió una tendencia a decrecer tanto al disminuir el tiempo entre cortes (45 días; 980 Kg. MS/ha) como al incrementarlo (180 días; 670 Kg. MS/ha) (gráfico 9).

Los rendimientos del segundo año disminuyeron con respecto al primero ( $P < 0,05$ ). Semejante comportamiento ocurrió en *Gliricidia sepium* al ser defoliada cada 60 días, donde la producción de biomasa decreció en los años siguientes a la primera intervención y comenzó su estabilización con posterioridad a los 4 años de manejo. Se comprobó según Nygren, Berninger, Nikinmaa, Sievänen y Cruz (2001) y García, Nygren y Desfontaines (2001), que la biomasa de las raíces y las concentraciones de reservas de carbono se afectan por las podas iniciales, requiriendo un período de tiempo para estabilizarse, a partir del cual las plantas reinician su crecimiento.



a, b valores entre años con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

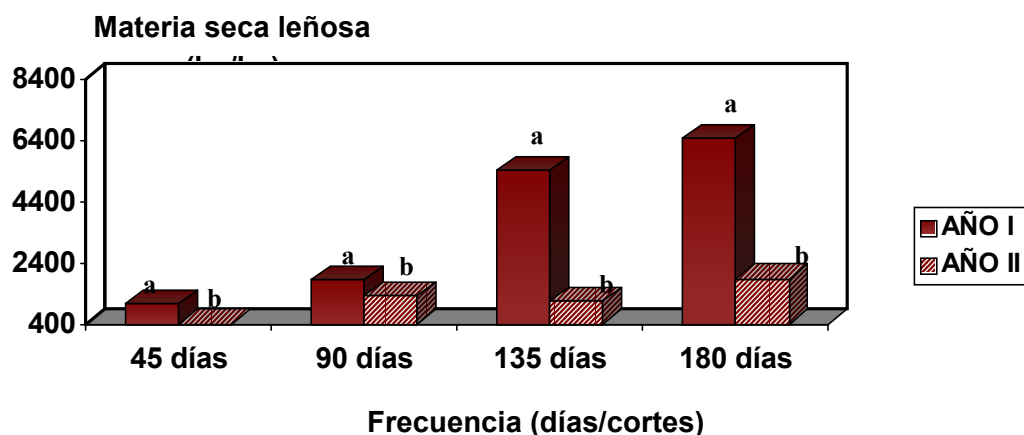
**Gráfico 9. Producción de materia seca comestible en *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días).**

Los resultados de materia seca comestible obtenidos en este trabajo fueron superiores a los de Gómez, Ríos y Murgueitio (1995) con rendimientos de 1 150 Kg. MS/ha en plantaciones de

Nacadero (*T. gigantea*) establecidas con densidades de 10 000 árboles/ha y con *Albizia lebbbeck* defoliada cada 90 días donde las producciones de forraje ascendieron con el tiempo a 1 700 kg MS/ha (Llamas et al., 2001).

### 3.2.1.4 Producción de materia seca no comestible

El material leñoso presentó una tendencia al incremento ( $P < 0.05$ ) a medida que se espaciaban los cortes en el primero (Cuadro 15A) y en el segundo período de evaluación (Cuadro 16A), en cambio cuando las intervenciones fueron más frecuentes (45 días) se manifestó un detrimento en los rendimientos hasta 400 kg de MS/ha., en el segundo año (gráfico 10). Existe una relación directa entre la edad del rebrote y la presencia de tejido leñoso, a medida que se incrementa la edad (a partir del espaciamiento entre cortes) y el tiempo de permanencia del tejido en la planta, existe una elevación de la adultez de las hojas y de la deposición de fracción leñosa (Laplace, Brizuela y Cid, 1997)



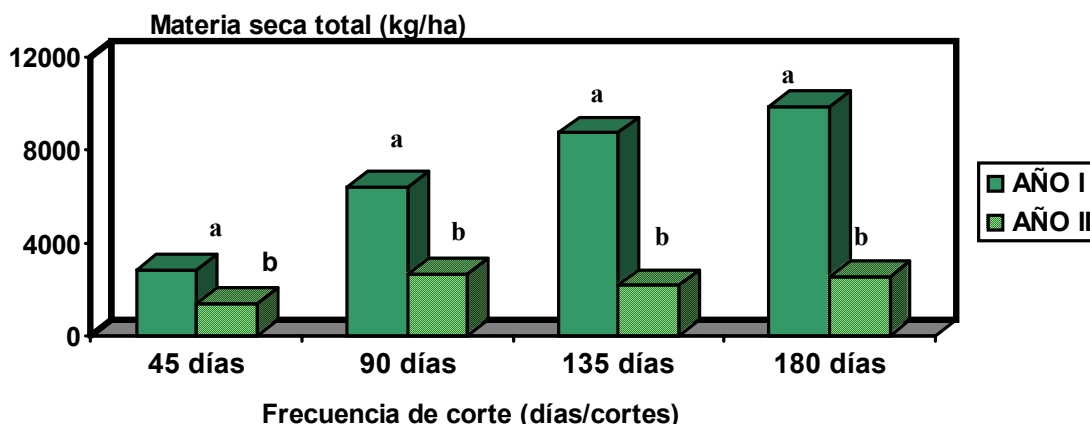
a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1995)

**Gráfico 10. Producción de materia seca leñosa en *Albizia lebbbeck* bajo diferentes frecuencias defoliación (45, 90, 135 y 180 días).**

### 3.2.1.5 Producción de materia seca total

En el primer año la producción total de materia seca se incrementó linealmente (Cuadro 17A) con la disminución de la frecuencia de corte hasta 9 850 Kg. /ha con las defoliaciones cada 180 días. Teniendo en cuenta que las mayores producciones de materia seca comestible tendieron a incrementarse con las defoliaciones cada 90 días se considera entonces que no necesariamente mayores rendimientos totales proporcionan una mayor fracción comestible de la biomasa (López, Benavides, Kass y Faustino, 1994) (gráfico 11).

Para el segundo año los tratamientos influyeron significativamente en las producciones de biomasa seca total ( $P < 0,05$ ), la variable presentó un incremento lineal ( $P = 0,0399$ ) ante las frecuencias de cortes y los resultados con respecto al primer año variaron, ya que en este caso la producción de materia seca total disminuyó discretamente cuando el tiempo entre cortes fue mayor, provocado posiblemente por la disminución de la producción de materia seca comestible bajo las defoliaciones cada 180 días, las que tenían un peso importante en la producción total alcanzada (gráfico 11).



a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

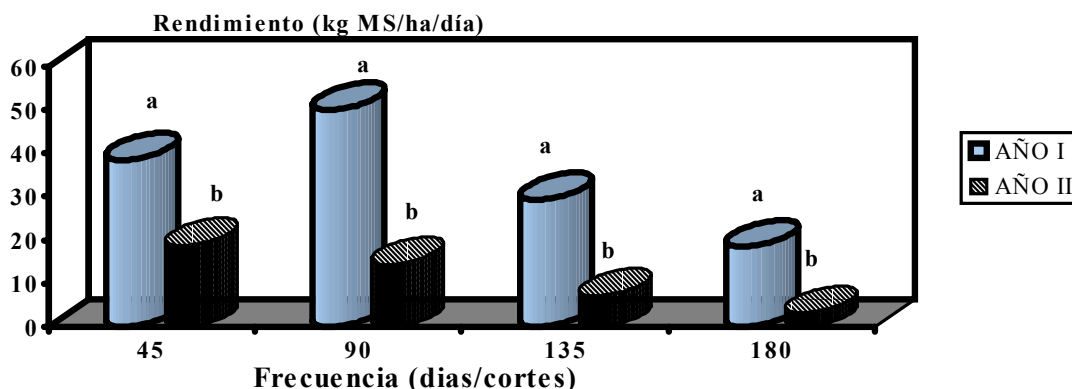
**Gráfico 11. Producción de materia seca total en *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días).**

En sentido general la materia seca total disminuyó en el tiempo. Las producciones del segundo año solo representaron del primero el 48%, 41%, 24% y 25% para 45, 90, 135 y 180 días. Resultados similares se han obtenido con otras especies como *Morus* sp. (Benavides, Lonchoux y Fuentes, 1994). Mochiutti (1995) y Sánchez, Miquilena y Flores (2000) plantean que existe una mayor inversión de recursos en tejidos en la primera evaluación debido a la máxima cantidad de reservas presentes en las plantas en el momento de la defoliación inicial, lo que hace que respondan con mas vigor en su crecimiento; por otra parte existen investigaciones que demuestran que en sistemas intensivos de defoliación la fertilización tiene gran influencia en la respuesta estable de la productividad (Pineda y Ramírez, 2000; Llamas et al., 2001), ya que en sistemas altamente extractivos (corte y acarreo) donde no ha existido aplicación de excretas o fertilización inorgánica la productividad tiende generalmente a disminuir.

### 3.2.2 Tasas de producción diaria de materia seca comestible

La tasa de producción diaria en el primer año tuvo un efecto recíproco ( $P = 0,0001$ ) de las frecuencias de corte (Cuadro 19A) y se observó una tendencia al incremento en las defoliaciones cada 90 días con 50 kg MS/ha/día. En tanto en el segundo ciclo, la tasa de producción diaria disminuyó linealmente ( $P = 0,0000$ ) con el aumento del tiempo entre corte (Cuadro 20A), hasta lograr solo 3,2 Kg. MS/ha/día con las defoliaciones cada 180 días (gráfico 12).

Al comparar las tasas totales de producción de cada año se comprobó la marcada diferencia entre ambos ( $P < 0,001$ ). En el primero se produjo 0,0847 Kg. MS/ha/día el mismo superó estadísticamente al segundo donde se reportó producciones de 0,0275 Kg. MS/ha/día.



a, b valores entre años con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 12. Tasa de producción diaria de materia seca comestible en *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días).**

Las frecuencias de defoliación influyeron en las tasas de producción diaria de materia seca comestible en el período de evaluación ( $P < 0,05$ ). Durante el primer año las mayores tasas de producción de materia seca se emitieron en Septiembre para los cortes cada 45 días (11,2 kg/ha/día) (Cuadro 21A), 90 días (27,2 kg/ha) (Cuadro 22A) y 135 días (2,04 kg/ha) (Cuadro 23A); mientras que para el tratamiento 180 días estas se observaron en el mes de Diciembre con 13,6 kg/ha (Cuadro 24A).

Los menores incrementos de la biomasa comestible se presentaron cada 90 días de forma similar en los meses de Marzo (6,4 kg/ha) y Diciembre (5,6 kg/ha) y al ampliar la frecuencia de defoliación cada 135 y 180 días se concentraron en Abril con 0,16 kg/ha y 4,4 kg/ha respectivamente. Cuando se intensificó la frecuencia de recolección (cada 45 días) en el mes de Diciembre hubo tal depresión del crecimiento de la especie arbórea que fue imposible cuantificar la biomasa producida.

En el segundo año al defoliar cada 45 días (5,2 kg/ha/día), 90 días (10,0 kg/ha/día) y 135 días (2,04 kg/ha/día) las máximas tasas se concentraron en Septiembre, mientras que Diciembre correspondió al mes de más acumulado de materia seca en las defoliaciones cada 180 días (2,48 kg/ha/día).

Las menores tasas de producción diaria al defoliar cada 90 días se encontraron durante Marzo (0,8 kg/ha/día), Diciembre (1,7 kg/ha/día) y Junio (1,2 kg/ha/día) sin diferencias estadísticas entre ellos; al defoliar cada 180 días con 1,08 kg/ha/día y cada 135 días con 0,16 kg/ha/día este efecto se manifestó en Abril. Los cortes cada 45 días minimizaron su potencial de producción diaria de biomasa comestible durante Enero y Diciembre, sin ser permitida su cuantificación.

En general los momentos de disminución de las tasas diarias de materia seca comestible se manifiestan durante los meses de bajas precipitaciones como Diciembre, el cual en el primer año logró acumulados de solo 1,5 mm o donde antecedían períodos con estas características estresantes, donde la humedad del suelo se reduce y los procesos de crecimientos de las plantas son lentos (Llamas, Castillos, Sandoval y Bautista, 2001). Si además de existir condiciones ambientales desfavorables, los manejos que se aplican son cortes intensos (45 días), que provocan la mortalidad de raíces finas, en alguna medida se reduce la absorción de los nutrientes y por consiguiente la posibilidad de producir biomasa (Chesney, 1999).

Cuando el tiempo entre cortes se prolongó hasta 135 y 180 días la emisión diaria de biomasa comestible fue muy baja, debido posiblemente a la restricción de tejido joven en crecimiento y al período de la estabilidad de la biomasa cuando los árboles no son perturbados (Brenwbaker, 1985).

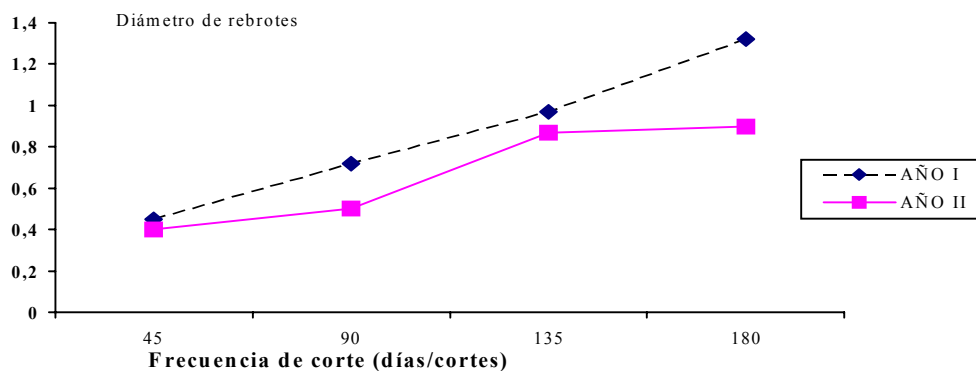
### 3.2.3 Elementos dasométricos

#### 3.2.3.1 Número de rebrotes

Cuando la *Albizia lebbbeck* se defolió se percibió que el número de rebrotes por tallos (gráfico 13) tendió a disminuir linealmente ( $P < 0,05$ ) de la misma manera para el primer (Cuadro 25A) y segundo año (Cuadro 26A), a medida que el tiempo entre cortes se incrementaba.

Existió en general una inclinación a producir la mayor cantidad de rebrotes, cuando las defoliaciones fueron más constantes, o sea cada 45 días, a partir de las cuales se produjo en el primer año 57 rebrotes/plantas y aunque en el segundo año declinó hasta 45, se mantuvo la tendencia de producir más rebrotes bajo este manejo.

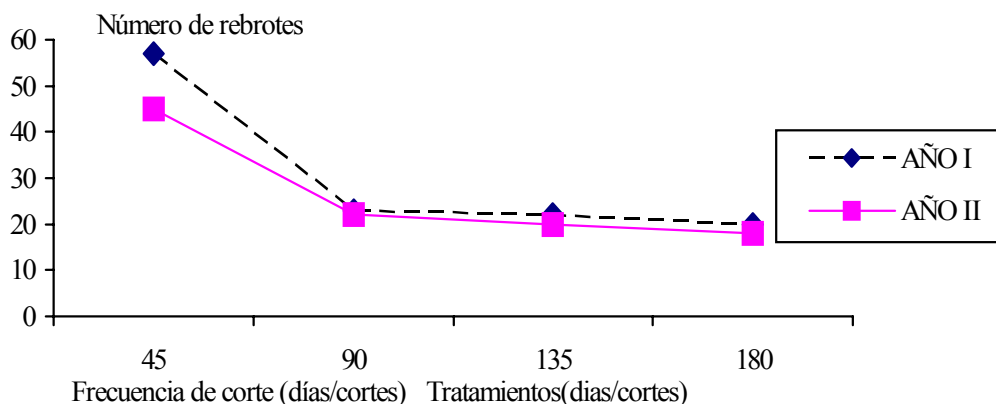
Al respecto, Phatak et al (1980) lograron en *Leucaena* un mayor número de rebrotes en las plantas podadas cada 6 semanas que al hacerlo cada 17 semanas, donde las cortes frecuentes estimulaban el tejido meristemático y potencializaban la activación de yemas en reposo a lo largo del tallo, no así cuando existe un mayor período de tiempo entre los cortes y el tejido en crecimiento es menos estimulado. Mientras Mochiutti (1995) en *Gliricidia sepium* demostró por el contrario que existió menos de una rama primaria por tallo en la frecuencia de 50 días y 4,0 y 3,5 ramas primarias para la frecuencia de 75 y 100 días respectivamente, por lo que se puede creer que estos resultados pueden variar en dependencia de la especie y sus características fisiológicas.



**Gráfico 13. Número de rebrotes en *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días).**

### 3.2.3.2 Diámetro de los rebrotes

El diámetro de los rebrotes (Gráfica 14) fue incrementando linealmente ( $P = 0,0000$ ) al prolongar el intervalo entre defoliaciones tanto en el primero (Cuadro 27A) como en el segundo año (Cuadro 28A).



**Gráfico 14. Diámetro de los rebrotes en *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de corte (45, 90, 135 y 180 días).**

El diámetro fue significativamente superior ( $P < 0,05$ ) para todos los tratamientos en el primer año con respecto al segundo.

El diámetro de los rebrotes tendió a ser mayor donde se cuantificó la menor cantidad de los mismos. En las defoliaciones menos frecuentes (180 días/cortes), existen bajas porciones de tejido joven en crecimiento y las reservas son orientadas al desarrollo de aquellos rebrotes ya formados y a su incremento en grosor.

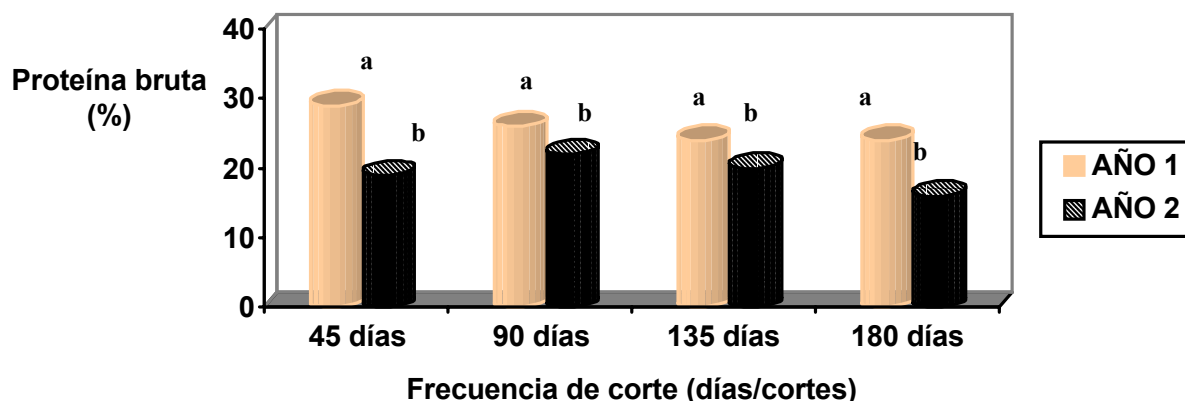
### 3.2.4.1 Calidad nutritiva de la materia seca comestible

#### 3.2.4.1.1 Proteína bruta

El valor nutritivo de una especie vegetal está determinado entre otros factores por la composición química de la fracción comestible. Dicho valor puede variar con la edad, partes de la planta, período del año, fertilidad del suelo y manejo a que es sometida (Bernal, 2001).

En todas las frecuencias de cortes evaluadas el contenido de proteína de la materia seca comestible del primer año superó a la del segundo ( $P < 0,05$ ). Para las plantas arbóreas forrajeras, al igual que sus producciones de biomasa, el contenido nutricional es elevado en el momento de la defoliación inicial cuando se compara con los cortes subsecuentes (Sánchez, Miquilena y Flores, 2000), donde se inicia un ciclo de variaciones hasta lograr estabilizarse y mostrar su verdadero potencial nutricional (Papanastasis et al, 1998) (gráfico 15).





a, b valores entre épocas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 15. Contenido de proteína bruta en la materia seca comestible de *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)**

En el primer año disminuyó linealmente ( $P = 0,0000$ ) (Cuadro 29A) los tenores proteicos desde 29% con las defoliaciones cada 45 días hasta 24% con las defoliaciones cada 180 días donde el tejido adquiriría más edad (gráfico 15). Una de las funciones más importantes del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica, con diferencias en la acumulación en las distintas partes del vegetal y en un mismo órgano (Vázquez y Torres, 1995). Este macro elemento se encuentra en mayor cuantía en ápices, brotes y hojas jóvenes (Pequeño, 1968), por lo que la calidad y la digestibilidad del forraje pueden decrecer en la medida que la planta madura (Soca, Simón, Cáceres y Francisco, 1999; Pretel, Jiménez, Mendoza, Bautista & Solorio, 2001; Name y Villareal, 2000), como ha ocurrido en otros experimentos llevados a cabo en esta misma especie y en *B. alicastrum* (Franco, 2000; González, Lobo, Acuña, Argel, Hidalgo y Romero, 2001), con la ausencia de tejido joven donde existe una elevada concentración de nitrógeno (Valencia, 1999).

En el segundo año la proteína manifestó un comportamiento recíproco de y ( $P = 0,0000$ ) (Cuadro 30A) y una inclinación a incrementar con las defoliaciones cada 90 días. En estas frecuencias se pudieron constatar altos porcentajes de proteína bruta (26, 3 %), similares a *L. leucocephala* (26, 7 %) y superior a otras arbóreas forrajeras como *Acacia sp.* y *Lisiloma latililiquum* con 13,5 y 21,3 % respectivamente (Arango, Adogla, Bessa, Omphile y Tshireletso, 2000). Además, con los cortes cada 90 días existió un equilibrio entre los dos años evaluados (26-22 %), al contrario del tratamiento 45 días que inicialmente manifiesta la tendencia a los mayores por cientos (29%) y sufre un desbalance a 19 % en el segundo año (gráfico 15).

Los contenidos proteicos alcanzados en esta evaluación son aceptables si se considera que en *Albizia lebbeck* existen reportes desde 20 % (Russo y Botero) hasta alrededor de 29 % (Simón, Cáceres, Santana y Hernández, Iglesias, Duquesne, Delgado y Docazal, 1992) y a su vez similares a los logrados con otras especies de considerable potencial forrajero como *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* (Pinto, Ramírez y Ku Vera, 2001; Ibrahim, Franco, Pezo, Camero y Araya, 2000).

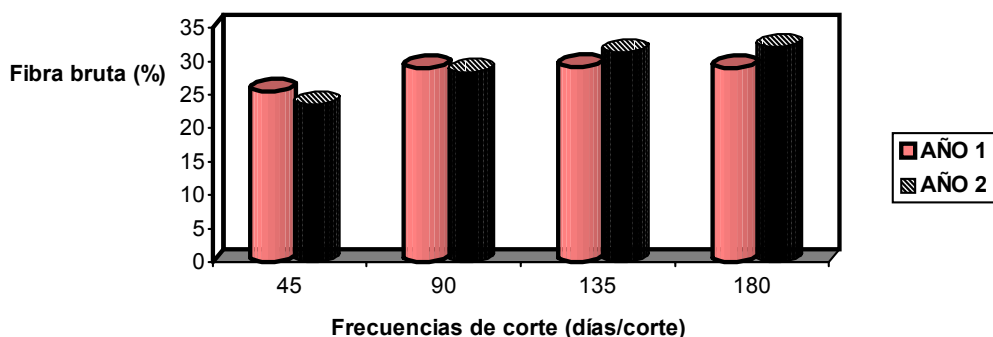
Con todas las defoliaciones los tenores de proteínas superaron a los descritos por Martín (1998) en 15 géneros de pastos usualmente usados en el trópico, lo que reafirma el potencial de la especie como una opción de suplemento en muchas dietas de baja calidad para rumiantes.

Se pudo constatar que los mayores contenidos de proteína no representaron precisamente los mayores aportes de kg/ha, ya que los mismos estuvieron estrechamente relacionados con la cantidad de biomasa producida. No obstante que en las defoliaciones cada 45 días existieron altos porcentajes (29,6 %) en los manejos cada 90 días en general se observa una tendencia a elevar los aportes de kg por área, dado los elevados rendimientos de biomasa en las condiciones experimentales estudiadas (Cuadro 31A).

#### 3.2.4.1.2 Fibra bruta

El contenido de fibra fue afectado por la frecuencia de defoliación ( $P < 0,0001$ ) a partir de la cual se cosechó el follaje en la *Albizia lebbeck*. Dicha fracción se comportó de modo inverso a la proteína, incrementando linealmente ( $P = 0,0000$ ) cuando se distanciaron las intervenciones, de igual forma para el primer (Cuadro 32A) y segundo año (Cuadro 33A) (gráfico 16).

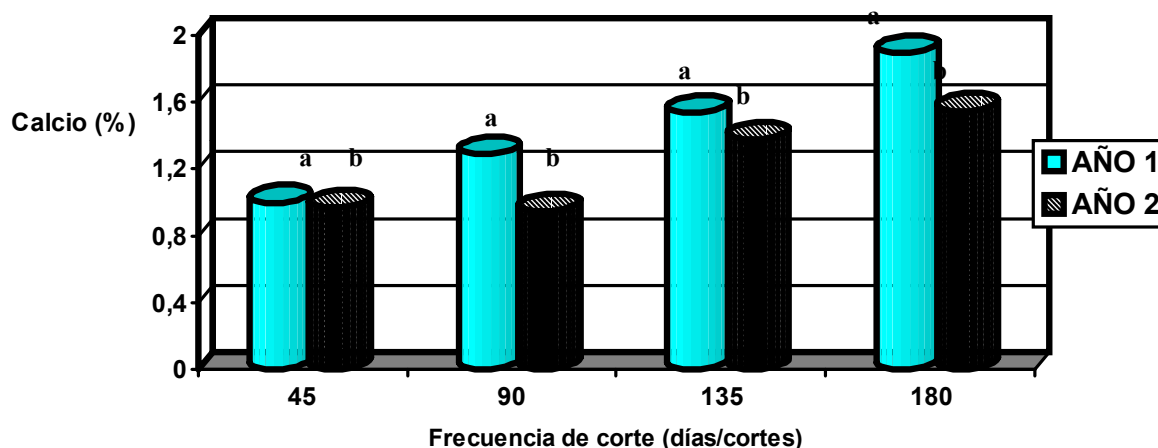
El incremento de la fibra con la edad influye negativamente en el valor nutritivo de la especie forrajera. En *G. sepium* al evaluar el contenido de fibra en el rebrote a los 60, 90, 120 y 180 días se demostró que después de 120 días la misma aumentaba hasta 33% (Pedraza, 2001), lo que puede traer como consecuencia la baja digestibilidad *in Vitro* de la materia seca y de los contenidos de la materia soluble disponible, como ha sucedido en *Cratylia argentea* y *L. leucocephala* (Aroeira, Carneiro, Puciullo, Xavier y Alvim, 2001). En cambio cuando los contenidos de fibra son bajos, esto permite un alto por ciento de degradación ruminal de la materia seca (Pinto et al, 2001), lo que puede garantizar maximizar el aprovechamiento de la dieta alimentaria.



**Gráfica 16. Contenido de fibra bruta en la materia seca comestible de *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días).**

#### 3.2.4.1.3 Contenido de Calcio

El incremento en la madurez del rebrote favoreció las concentraciones de calcio en *A. lebbeck* con valores de 1,90 % y 1,55 % en las defoliaciones cada 180 días para el primer y segundo año respectivamente. Este elemento químico presentó un incremento lineal ( $P = 0,0000$ ) (Cuadro 34A) (Cuadro 35A) y donde los valores del primer año superaron al segundo, indistintamente de la frecuencia de corte a que fueron sometidas las plantas ( $P < 0,05$ ) (gráfico 17).



a, b valores entre años con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfica 17. Contenido de calcio en la materia seca comestible de *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación (45, 90, 135 y 180 días)**

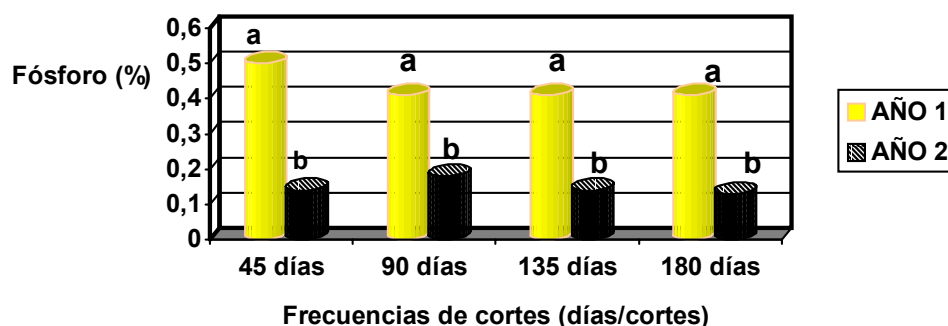
De acuerdo a los resultados de Ferrer, Clavero y Razz (1999) en *Gliricidia sepium* se observó un comportamiento similar con 6, 9, 12 semanas entre cortes, donde se observó un aumento significativo ( $P < 0,05$ ) en el contenido de calcio en la fracción comestible a medida que aumentaba la madurez fisiológica de la planta con intervalos de defoliación más prolongados, especialmente en la frecuencia de defoliación de 12 semanas.

Generalmente al existir una renovación constante de tejido vegetal, donde los cortes son más frecuentes, las concentraciones de calcio disminuyen; si las intervenciones son menos frecuentes y el tejido vegetal adquiere

una mayor edad las concentraciones de este mineral se incrementan. Esto puede estar determinado por su mayor presencia en las hojas adultas que en las jóvenes y por su inmovilidad dentro de la planta, ya que gran parte se fija permanentemente en las paredes celulares como sales de calcio de los compuestos pépticos y pectatos cálcicos (Vázquez y Torres, 1995; Ferrer et al., 1999). Considerando que los contenidos de calcio en *A. lebbeck* en plantas que no están perturbadas se encuentra alrededor de 1,84 % (FAO, 1999), los valores que se alcanzaron en el experimento (1%-1,90%) fueron aceptables.

#### 3.2.4.1.4 Contenido de Fósforo

Durante el período experimental, con todas las frecuencias de defoliación los por cientos de fósforos del primer año fueron superiores a los del segundo ( $P < 0,05$ ) (gráfico 18). Los tratamientos determinaron significativamente en las concentraciones de fósforo ( $P < 0,001$ ), las mismas disminuyeron linealmente ( $P = 0,0007$ ) durante el primer año a medida que se reducía la frecuencia de defoliación (Cuadro 36A), notándose que a partir de las defoliaciones cada 90 días existe una inclinación a estabilizarse el contenido de este macroelemento.



a, b valores entre años con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) (Duncan, 1955)

**Gráfico 18. Contenido de fósforo en la materia seca comestible de *Albizia lebbeck* bajo diferentes frecuencias de defoliación**

En un sistema intensivo de corte (45 días) el nivel de extracción de nutrientes del suelo se incrementa y para sustentar el crecimiento de la planta, se inicia tanto la utilización acelerada de reservas orgánicas como de los minerales del suelo. Cuando los sistemas de cortes no son tan agresivos (90 días) y el tejido posee mayor madurez, la extracción es moderada, pues la planta cuenta con un período de tiempo para recuperar sus reservas orgánicas y se inicia la utilización de los productos de la fotosíntesis a partir del incremento de la biomasa (Nygren, 1996).

El fósforo es un elemento muy móvil y las mayores concentraciones se encuentran en los tejidos meristemáticos de las plantas, sede de un activo crecimiento (Tisdale y Nelson, 1991). Según Pequeño (1968) se ha conocido siempre que el fósforo es la guía del nitrógeno, al existir más nitrógeno donde más fósforo se encuentre y más recientemente lo ha comprobado Rodríguez y Murgueitio (1995), es por lo tanto que en los cortes cada 45 días donde se cuenta con elevados valores proteicos los contenidos de fósforo son considerables.

En el segundo año el por ciento de Fósforo no mostró una tendencia definida ante las diferentes frecuencias de cortes, posiblemente producto a la característica que tiene este elemento de encontrarse con baja disponibilidad en el suelo y no siempre de forma asimilable (Rodríguez, 2001). No obstante se notó una inclinación a elevarse los porcentajes con las defoliaciones cada 90 días, las que alcanzaron 0,18 %.

Los resultados obtenidos con las alturas de corte moderadas (100 – 150 cm) y las defoliaciones cada 90 días tienen importante aplicación práctica para el manejo de *Albizia lebbeck* en sistemas como los bancos forrajeros. Las defoliaciones con estas características podrían incrementar la disponibilidad de la materia seca comestible en un estrato accesible, con una adecuada presencia de área reservante, donde se permitiera recuperar la inversión de la planta y emitir un rebrote vigoroso sin comprometer la sobre vivencia y los rendimientos del árbol, para así garantizar la sostenibilidad y productividad cualitativa y cuantitativa de los sistemas intensivos de producción de forraje en las áreas ganaderas. El objetivo final de toda explotación ganadera es la obtención de un producto como carne, leche o lana y los factores fundamentales para la producción son el medio ambiente natural, la planta, el manejo y el animal. Del uso adecuado que el hombre haga de estos factores y en la medida que pueda modificarlos, en el caso que sean modificables, dependerá el éxito final de la empresa ganadera (Bernal, 2001).

## DISCUSIÓN GENERAL

Las defoliaciones en los árboles forrajeros aseguran fundamentalmente maximizar la producción de materia seca comestible en un estrato accesible (Mochiutti, 1995). Los experimentos desarrollados en esta investigación demostraron que para lograr un alto potencial de rebrotes vigorosos posterior a la defoliación manual es necesario tener presente el área de reservas en el vegetal (altura de corte) y el período de recuperación del mismo (frecuencia de corte).

La producción de materia seca comestible se incrementa con la mayor presencia de área foliar residual, la que facilita los compuestos nutricionales para la emisión del rebrote, los que dependen más inicialmente según Isaraseen et al (1985) de los carbohidratos de reservas que de los provenientes del proceso fotosintético, posterior a la defoliación las plantas presentan poca área fotosintética y una gran proporción de este material posee en la cubierta baja capacidad para tomar el CO<sub>2</sub> (Mott et al, 1992). De este modo los tratamientos de defoliaciones con cortes elevados hasta 150 cm, presentaron una alta posibilidad de inversión de recursos en la biomasa comestible, lo cual determinó en incremento significativo de esta fracción (Delgado, González, López y Urdaneta, 2001).

Por el contrario en las defoliaciones a bajas alturas (50 cm) existió una tendencia a la disminución de la materia seca comestible, debido a la falta de reservas de carbohidratos, dada por la depresión de la biomasa activa que permite sostener el rebrote inicial, lo que minimiza los rendimientos (Birch y Thornton, 1997; Hernández-Daumás y Russell, 2001).

Se conoce que el crecimiento de una planta no solo está regulado por las sustancias minerales absorbidas por las raíces, los hidratos de carbono sintetizados en la fotosíntesis por las hojas y las sustancias de reservas sino también por unas sustancias denominadas hormonas. Se ha comprobado que existe entre los diferentes órganos de la planta una integración del crecimiento y el vínculo principal lo constituye las hormonas vegetales que generalmente se sintetizan en un órgano de la planta y actúan en otro, comprobándose que la hoja sintetiza sustancias de crecimiento radicular (Vázquez y Torres, 1995).

En el caso de las alturas elevadas, donde existen suficientes reservas y área fotosintéticamente activa los rendimientos de biomasa son elevados, por lo que existe alto traslado hormonal hacia las raíces y estas a su vez logran la absorción de sustancias y el sostén. Por el contrario en las bajas alturas no existe un número adecuado de hojas que tengan una producción hormonal capaz de facilitar el desarrollo y crecimiento de la raíz, por lo que ella posiblemente tendrá menos potencialidad de ejercer sus funciones.

Así también parte de los recursos de la planta se invirtieron en la formación de tejido leñoso. En las alturas de defoliación elevada se presentó una considerable de reservas en el tejido leñoso, revirtiéndose en el incremento en altura. En el período poco lluvioso donde se presentaron alturas de 177 cm, se logró tener dimensiones adecuadas para la explotación de la especie considerando que hasta 200 cm es un estrato accesible al cosechador (hombre o animales, en caso de ramoneo) (Shelton y Brewbaker, 1994; Jones, 1994), por el contrario en el momento estacional de las mayores precipitaciones la inversión en material no comestible fue alta y el incremento de las dimensiones determinó en la obstrucción del manejo técnico y en la disponibilidad del material comestible en un estrato no accesible lo cual redundó en efectos negativos sobre la producción de biomasa comestible (Mochiutti, 1995). Mientras que en las alturas bajas existió la disminución de la fracción no comestible, debido a la depresión de la zona de reserva.

El manejo de las alturas de defoliación está estrechamente relacionado con las características de la especie arbórea y las condiciones climáticas (FAO, 1999). En *Erythrina* existieron similitudes en las respuestas a la defoliación cuando la especie fue manejada tanto a 50 como a 100 cm, con respecto a los rendimientos de materia seca por hectárea (Gómez et al, 1995). Al igual ocurrió en *Albizia lebbeck* donde no se demostraron diferencias significativas en las producciones de materia comestible con iguales alturas, ello pudo estar motivado por la pérdida de puntos importantes de crecimiento en la altura de 100 cm que lo igualaron a la altura de 50cm.

Los resultados experimentales demostraron la evidencia de diferencias productivas entre épocas para *A. lebbeck*, superando en general los rendimientos del período lluvioso al poco lluvioso, independientemente de la altura de defoliación utilizada. La mayoría de las plantas como *Calliandra*, *Gliricidia* que crecen en los suelos con buena humedad tienen potenciales hídricos altos, con la disminución de la humedad del suelo, el potencial hídrico de las hojas disminuye y su velocidad de crecimiento y el rango de formación de renuevos y tejido fotosintético se reduce (Catchpoole y Blair, 1990; González y Cantú, 2001), mientras que en *Leucaena leucocephala* y *E. poeppigiana* los mejores resultados en producción y distribución de biomasa se presentaron tanto a inicio como durante la época de lluvia (Torrez, Chacón, Arriojas y Armas, 2000; Hernández-Daumás y Russel, 2001).

Según Higuera et al (1998) bajo las mismas condiciones climáticas la altura de defoliación utilizada es determinante en la variabilidad de los rendimientos. En el período poco lluvioso se presenta un comportamiento correspondiente con lo reportado, no obstante en el período lluvioso para *Albizia lebbeck* no muestra diferencias

significativas en cuanto a la producción de materia seca comestible con 50, 100 y 150 cm, lo que sugiere que en este período las tres alturas cuentan con la misma disponibilidad de recursos ambientales (luz, agua) lo que hace que las reservas orgánicas no sean la única fuente de nutrimentos.

Los rendimientos de la biomasa de los árboles forrajeros, dependen directamente de la frecuencia de defoliación. La curva de crecimiento de las plantas así como de cualquiera de sus órganos y en general de todos los seres vivos posee la típica curva de sigmoide (Stür et al, 1994); y semejante comportamiento presenta la *Albizia lebbbeck* al ser evaluada con los tratamientos de frecuencia de defoliación, la que determina directamente sobre la producción y calidad de la biomasa.

Durante las defoliaciones cada 45 días existe un crecimiento lento, son utilizados los carbohidratos no estructurales de las partes restantes del árbol (fustes y raíces) y por el nitrógeno mineral del suelo (Tschaplinski y Blake, 1994; Okano et al., 1994) para la emisión del rebrote y el intervalo es demasiado corto para permitir la recuperación de estas reservas, por lo que aunque el número de rebrotes es elevado cuando las defoliaciones son frecuentes no existe suficiente sustento para desarrollarlos vigorosamente y el sistema de retroalimentación (reservas-producción de biomasa) lleva a la degradación de la planta.

Cuando el régimen de poda es muy frecuente la fijación de nitrógeno de los árboles es impedida, a su vez la estabilidad de los nódulos y los rendimientos de biomasa se afectan (Dulormne, Sierra, Nygren y Cruz, 2001)

En otras especies leguminosas arbóreas como la *E. poeppigiana* la poda a causado una senescencia casi total de los nódulos en dos semanas (14 días), disminuyendo así la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, iniciándose la reondulación entre las 6 (42 días) y 10 (70 días) semanas después de la poda observándose la biomasa máxima de nódulos activos en 14 semanas después de la poda (98 días) (Nygren, 1996). En los tratamientos con defoliaciones moderadas existe un mayor tiempo para la recuperación de las reservas que darán el soporte para emisión del rebrote (Stür et al, 1994) y mantener el balance de crecimiento de partes aéreas – subterráneas. En este caso con las defoliaciones cada 90 días se pudo observar la tendencia ha expresar las mayores producciones de materia seca comestible (hojas y tallos tiernos), llegando a las 1,1 t/ha/año.

Por último con defoliaciones muy espaciadas similares a las frecuencias cada 135 y 180 días los rendimientos de materia seca comestible declinan hasta lograr un peso relativamente constante (Del Pozo, Jérez, Padilla y Ginoria, 2000). De acuerdo a Laplace, Brizuela y Cid (1997) la defoliación influye en la vida de la hoja, cuando el período de permanencia del tejido en la planta aumenta este incrementa su edad y así las porciones del tejido leñoso y hojas adultas, siendo este material vegetal de baja digestibilidad y en ocasiones puede ser rechazado por el ganado (Borel, 1993). Los largos intervalos de defoliación con baja fracción del follaje son recomendados cuando se desea altos rendimientos de leña (Stür et al, 1994).

El valor nutritivo de una especie vegetal esta determinado entre otros factores por la composición química de la fracción comestible. Dicho valor puede variar con la edad, especie, partes de la planta, período del año, fertilidad del suelo y manejo a que es sometida (Bernal, 2001).

Una de las funciones más importantes de nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica, encontrándose además en moléculas tan importantes como las purinas y pirimidinas las que se hallan en los ácidos nucleicos (Vázquez y Torres, 1995). Existe diferencia en la acumulación del nitrógeno en las distintas partes del vegetal y en un mismo órgano dependiendo de la edad, fase de crecimiento y variedad. Este macro elemento puede trasladarse íntegramente con prioridad a las partes en crecimiento sobre todo a los ápices, brotes y hojas jóvenes (Pequeño, 1964), mientras que cuando las plantas envejecen se provoca una disminución, coincidiendo con los resultados en *A. lebbbeck* y *B. alicastrum* donde la calidad y la digestibilidad de los diferentes componentes bromatológicos del forraje decrecen en la medida que la planta madura (Soca, Simón, Cáceres y Francisco, 1999; Pretel, Jiménez, Mendoza, Bautista, 2001; Name y Villareal, 2000). Cuando la *A. lebbbeck* es podada con frecuencia (cada 45 días) y existe una renovación constante de tejido, este elemento se redistribuye para garantizar que continúe el crecimiento. Es precisamente en este período de tiempo donde se concentra los mayores niveles proteicos.

En las defoliaciones cada 90 días se pudieron constatar por cientos proteicos altos (26, 3 %), similares a *L. leucocephala* (26, 7 %) y superior a otras arbóreas forrajeras como *Acacia* sp., *Guasuma ulmifolia* y *Lisiloma latisiliquuum* con valores de 13,5; 21,3 y 21,3 % respectivamente (Arango, Adogla, Bessa, Omphile y Tshireletso, 2000)

El análisis de los macro y micro elementos provee de valores los cuales pueden ser comparados con los requerimientos animales, mientras que los valores más bajos que los requeridos son indicadores de deficiencias valores mayores que los requerimientos no son necesariamente indicadores de suficiencia (Norton y Alam, 1996). Por otra parte se considera que la composición mineral de los árboles leguminosos forrajeros varían con el tipo de suelo (localidad), parte de la planta (hojas, ramas y legumbres), la edad de las hojas, época y por las características del elemento (Norton, 1994).

El calcio es un macro elemento inmóvil, gran parte se fija permanentemente en las paredes celulares como sales de calcio de los compuestos pecticos, pectatos calcicos que forman las laminas medias. Se hallan

localizados en las hojas y es mucho más abundante en las adultas que en las jóvenes (Vázquez y Torres, 1995). Según los resultados experimentales en *A. lebbeck* las mayores concentraciones de calcio indicaron que el tejido incrementaba su edad (180 días), al igual que en *Gliricidia sepium* donde este mineral aumentaba su presencia al incrementar el intervalo entre recolecciones (Ferrer et al, 1999).

En los tejidos meristemáticos de las regiones de la planta sede de un activo crecimiento se encuentra fuertes concentraciones de fósforos, que intervienen en la síntesis de nucleoproteínas (Vázquez y

Torres, 1995), motivo por el cual las mayores concentraciones de fósforo (0,50 %) se presentaron a medida que la defoliación fue más frecuente, donde se propiciaba una renovación de tejido con los

cortes cada 45 días. Se plantea que el fósforo es la guía del nitrógeno, existiendo mayores por ciento de fósforo donde mayores tenores de nitrógeno se presentan (Pequeño, 1964).

Se pudo constatar que las mayores presencias de concentraciones bromatológicas (proteicas y minerales) no representaron precisamente los mayores aportes de kg/ha al sistema de explotación en *A. lebbeck*, ya que estos estuvieron estrechamente relacionados con la cantidad de biomasa producida. No obstante que en las defoliaciones cada 45 días existen altos porcentajes de proteínas (29,6 %) y de fósforo (0,5) y las defoliaciones cada 180 días de calcio (1,9 %), en los manejos cada 90 días en general existe una tendencia a elevar los aportes de los elementos anteriores, siendo estas intervenciones las de mejor respuesta en el comportamiento productivo de la *Albizia lebbeck* bajo las condiciones experimentales estudiadas.

La reducción con el tiempo de la acumulación de biomasa que existió en la especie *A. lebbeck* también se ha presentado en otras arbóreas y arbustivas forrajeras. Se plantea que existe una mayor inversión de recursos en tejidos en la primera evaluación debido a la mayor cantidad de reservas presentes en las plantas en el momento de la defoliación inicial, lo que hace que responda con mas vigor en su crecimiento (Sánchez, Miquilena y Flores, 2000), más existen investigaciones que demuestran que en sistemas intensivos de defoliación la fertilización y las condiciones ambientales también tienen gran influencia en la respuesta de la productividad (Pineda y Ramírez, 2000; Llamas, Castillo, Sandoval y Bautista, 2001). En *Gliricidia sepium* utilizada bajo sistemas de corte y acarreo la productividad ha disminuido durante tres años, aunque el sitio poseía una fertilidad media, en tanto *Morus sp* presentó un comportamiento similar en plantaciones no fertilizadas (Benavides et al, 1994; Oviedo et al, 1994). Conforme a ello Hernández, Benavides y Martín (2000) plantea que en sistemas extractivos (corte) donde no ha existido aplicación de excretas o fertilización inorgánica la productividad tiende generalmente a disminuir.

En plantas como *Quercus pubescens* y *Robinia pseudoacacia* la biomasa acumulada se redujo entre los dos y seis años de someterse a corte, momento a partir del cual comienza a incrementarse, atribuyéndolo a condiciones adversas del tiempo (550 mm/año de precipitación) las que demostraron un efecto significativo en las variaciones anuales de producción (Papanastasis et al, 1997; Papanastasis et al, 1998), mientras que Benavides, Rodríguez y Borel (1994) observaron en una plantación de *Erythrina poeppigiana* donde las precipitaciones acumularon 2 636 mm/año.

Los resultados obtenidos con las alturas de corte moderadas (100 – 150 cm) y las defoliaciones cada 90 días tienen importante aplicación práctica para el manejo de *Albizia lebbeck* en sistemas como los bancos forrajeros. Las defoliaciones con estas características podrían incrementar la disponibilidad de la materia seca comestible en un estrato accesible, con una adecuada presencia de área reservante, donde se permitiera recuperar la inversión de la planta y emitir un rebrote vigoroso sin comprometer la sobre vivencia y los rendimientos del árbol para así garantizar la sostenibilidad y productividad cualitativa y cuantitativa de los sistemas intensivos de producción de forraje en las áreas ganaderas.

El objetivo final de toda explotación ganadera es la obtención de un producto como carne, leche o lana. Los factores fundamentales para la producción son el medio ambiente natural, la planta, el manejo y el animal. Del uso adecuado que el hombre haga de estos factores y en la medida que pueda modificarlos, en el caso que sean modificables, dependerá el éxito final de la empresa ganadera (Bernal, 2001).

## Conclusiones

- ✓ Las alturas de podas en el período lluvioso no influyeron en los rendimientos de materia seca comestible, no comestible, total y la altura del rebrote.
- ✓ En el período seco con la elevación de la altura de corte existió una tendencia a maximizar los rendimientos de materia seca comestible, no comestible y total, hasta valores de 363, 376 y 739 kg. MS/ha respectivamente, con la altura de 150 cm, a partir de una mayor área de reserva para potencializar el crecimiento vegetativo. En un sistema para producir forraje en *A. lebbeck*, las defoliaciones moderadas, cada 90 días, favorecen los rendimientos del material comestible (4 600-1 362 kg MS/ha/año), hojas (2 899-925 kg MS/ha/año) y tallos tiernos (1 701-437 kg MS/ha/año) y aportan altos rendimientos de proteínas por hectáreas (1 208-301 kg/año), así como de fósforo (18,8-2,42 kg) y calcio (59,2-12,9 kg) a partir de las elevadas producciones de biomasa comestible. Las frecuencias de cortes espaciados (180 días) disminuyen el contenido nutricional y elevan las porciones de tejido leñoso y hojas adultas, siendo estos materiales vegetales de baja digestibilidad y en ocasiones son rechazado por los animales.
- ✓ Las podas frecuentes (45 días entre cortes) aunque poseen altos por cientos proteicos, cuentan con bajas producciones de materia seca comestible, y por lo tanto bajos aportes de kg de proteína por hectárea, tiene a su vez la tendencia de reducir los rendimientos en el tiempo, con posibilidades de comprometer la persistencia del sistema de explotación.
- ✓ Las tasas de producción de materia seca comestible con las defoliaciones cada 180 días mostraron bajos valores, producto a la estabilidad de los rendimientos a partir de la madurez de las plantas. Los cortes frecuentes, cada 45 días, tienden a aumentar el número de rebrotes en *Albizia lebbeck*, debido a la activación constante de las yemas; aunque los diámetros de los mismos se incrementan a medida que las defoliaciones se hacen menos frecuentes (180 días), donde las reservas se distribuyen para el sostén y desarrollo de los rebrotes existentes y el tejido en crecimiento está menos estimulado.

## Recomendaciones

- Continuar la evaluación durante un período de tiempo mayor, con vistas a obtener información sobre la sostenibilidad de la producción de biomasa de *Albizia lebbbeck* sometida a un sistema intensivo de defoliación
- Estudiar la combinación de diferentes alturas y frecuencias de cortes, para lograr un mayor rango de análisis sobre el comportamiento de la biomasa de *Albizia* bajo diferentes sistemas de defoliación
- Manejar las alturas 50, 100 y 150 cm y las frecuencias de cortes 45, 90, 135 y 180 días en *Albizia* con plantaciones de diferentes densidades, para maximizar la producción por unidad de área.
- Manejar plantaciones de esta leguminosa arbórea combinando alturas y frecuencia de corte y niveles de fertilización.
- Estudiar el comportamiento de las reservas orgánicas y las hormonas bajo diferentes manejos de podas.
- Estudiar la variación de la capacidad fotosintética en *A. lebbbeck* en plantaciones de diferentes alturas y frecuencias de cortes.



## Bibliografía

- AOAC. 1965.** Official methods of analysis. 10<sup>th</sup> ed. Washington, D. C. 452 p.
- ARANGO, A.A.; ADOGLA. BESSA, T.; OMPHILE, U.J. AND TSHIRELETSO. 2000.** Significance of browses in the nutrition of Tswana goats. Arch Zootecnia 49:469-480
- AROIRA, L.; CARNEIRO, J.; PACIALLO, D.; XAVIER, D. & ALVIN, M. 2001.** Chemical composition in vitro digestibility and nitrogen fraction of some grass and other non grass plants potentially ingested by dairy cattle. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 276-279
- BARRETO, ADELAIDA. 1990.** Botánica de las leguminosas. Conferencia. Instituto de Ecología y Sistemática. La Habana, Cuba. (Mimeo)
- BEER, J. 1987.** Experiences with fences lives fodder trees in Costa Rica and Nicaragua. CATIE. Turrialba, Costa Rica.. 11 p.
- BENAVIDES, J.E. 1993.** Utilización de poro (*Erythrina spp.*) en sistemas agroforestales con rumiantes menores. In: *Erythrina* in the New and Old Worlds. S.B. Westley and M. Powell, (Eds.). Nitrogen Fixing Tree Association, Paia, HI, USA. p. 237-249
- BENAVIDES, J.E.; RODRIGUEZ, R.A. & BOREL, R. 1994.** Producción y calidad del forraje de King grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) en asociación. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Benavides, J.E., (Ed). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, Vol. 2 p. 441-452
- BENAVIDES, J.E; LONCHAUX, M. & FUENTES, M. 1994.** Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Benavides, J.E., (Ed). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, Vol. 2 p. 495-514
- BENJAMÍN, A.K.; SHELTON, H.M. & GUTTERIDGE, R.C. 1999** (cd-rom). Productivity of five tree legumes species in the tropics. In: AAAP-ASAP. Congress. Sydney, Australia.
- BERNAL, J. 2001.** Factores que determinan la productividad ganadera. El cebú. 321:73-77
- BITTMAN, S; SIMPSON G.M. & MIR Z. 1985.** Effect of drought on leaf senescence and forage quality of three temperate grasses. Proceedings of the XV International Grassland Congress. Kyoto, Japan. p.360
- BOREL, R. & BENAVIDES, J.E. 1992.** Biomass production by *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook in a high-density plantation. In: *Erythrina* in the new and old worlds. (Eds. S. B. Westley and M. H. Powell). Nitrogen Fixing Tree Research Reports. Special Issue, p 211-216
- BREWBAKER, J.L. 1985.** Leguminous trees and shrubs for southeast Asia and the South Pacific. Proceedings of an international workshop held at Cisarua. (Eds. G.J., Blair; D.A. Ivory and T.R. Evans). Australian Centre for International Agricultural Research. Indonesia. p. 43
- BURKHILL, I. H. 1966.** Dictionary of economic products of the Malay Peninsula. Ministry of Agriculture and Cooperatives Kuala. Lumpur.
- CÁCERES, O.; SANTANA, H.; SIMÓN, L.; RIVERO, L. & ZAYAS, G. 1992.** Valor nutritivo y utilización del algarrobo de olor (*A. lebbeck*) en ovinos. Resúmenes IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. p. 141
- CASTRO, C. R. T. 1996.** Tolerancia de gramíneas forrajeras tropicais ao sombreamento, Vicosa: UFV, 1999 247 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Vicosa. 247 p
- CATCHPOOLE, D.W & BLAIR, G. 1990.** Forage tree legumes. 1. Productivity and N economy of *Leucaena*, *Gliricidia*, *Calliandra* and *Sesbania* and tree/green panic mixture. Australian Journal of Agricultural Research. 41:521-530
- CATIE. 1994.** Especies para leña arbustos y árboles para la producción de energía. Ed: Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía. Turrialba, Costa Rica. 344 p.
- CHAPIN III, S.F. & SLACK, M. 1979.** Effect of defoliation upon root growth, phosphate absorption and respiration in nutrient-limited tundra graminoids. Oecologia. 42:67-79
- CHAPMAN, D.E & LEMAIRE, G. 1993.** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceeding XVII International Grassland Congress, New Zealand. p-6
- CHESNEY, P.E. 1999.** Efecto de la poda apical de *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium* sobre la longitud de las raíces finas, nódulos y uso de carbohidratos radiculares en el rebrote. Agroforestería en las Américas. 23:77
- CONVERTINI, H. & FERRI, D. 1997.** Minerals in forages of southern Italy related to climate and harvest time effects. XVIII Proceedings International Grassland Congress. Winnipeg. Canadá. p. 29.
- CRESPO, G.; RODRÍGUEZ IDALMIS & FRAGA, S. 2000.** Estudio de la acumulación de hojarasca y nutrientes retornados por ello en las especies *Albizia lebbeck* (L) Benth y *Cajanus cajan* (L) Mill sp. Memorias IV Taller

- Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 182-184
- DEL POZO, P.P.; JERÉZ, IRMA; FERNÁNDEZ, LUCIA; PADILLA, P. & GINORIA, J. 2000.** Análisis del crecimiento y desarrollo morfológico de la *L. leucocephala* en un agroecosistema silvopastoril. Modelado del crecimiento. En: IV Taller Internacional Silvopastoril, "Los árboles y arbusto en la ganadería tropical". 29 nov-1 dic. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 24-26.
- DELGADO, H.J.; GONZALEZ, R.; LOPEZ, G. & URDANETA, D. 2001.** Yield and nutritive quality of *Zapoteca formosa* (Kunth) H. Hern. Subsp. Formosa: A new forage shrub in Venezuela. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 315-318.
- DJOGO, A.P.Y. 1992.** The possibilities of using local drought on multipurpose trees and shrub species as alternative to lamtoro (*Leucaena leucocephala*) for agroforestry and social forestry in West Timor. Working Paper No. 32. EASPI-East West Centre, Honolulu, Hawaii. 41 p.
- DUNCAN, D.B. 1955.** Multiple range and multiple F test. Biometrics. 11:1
- ELLA, A; BLAIR, G.J. & STÜR, W.W. 1991.** Effect of age of tree legumes at the first cutting on subsequent production. Tropical Grasslands. 25:275-280
- ERDMAN, T.K; NAIR, P.K.R; KANG, B. T. 1993.** Effect of cutting height on reserve carbohydrates in *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp. Forest Ecology and Management. 57:45-60
- ESCOBAR, A. 1996.** Fisiología de la nutrición en la vaca de doble propósito en América Tropical. (Eds. Arango.N. L; Charry A. y Vera R. R.). ICA-CIAT. Colombia. p. 115-140
- FAO. 1990.** Conservación de suelo para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. FAO. Roma. 79 p.
- FAO. 1999.** Piensos tropicales (cd-rom). Red Latinoamericana de Agroforestería Pecuaria. FAO. Roma, Italia.
- FAO. 2000.** Improved Pruning Techniques. (cd-rom). Livestock and Environment. FAO. Roma, Italia.
- FERNADEZ, P.G.; MARCIA, B.S.; RAMÍREZ, C.F. 1990.** Agroforestry seed production technology in Capistrano. In: Resource book on sustainable agriculture for the uplands. L.N.L. Durno and L. Moeliono (Eds). IRRI, The Philippines. p. 15
- FERNANDEZ, MAIRA; RICARDO, NANCY; MACHADO, SONIA; BARO, ISORA; MARTINEZ, CANDIDA; HERRERA, P.; ALBERT, DELHY; VENTOSA, IRALYS & BRIDON, GUADALUPE. 1999.** Cuba y sus árboles. Editorial Academia, Cuba. 214 p.
- FERRER, O; CLAVERO, T. & RAZZ, ROSA. 1999.** Frecuencia de defoliación y densidad de siembra en el contenido mineral del Matarratón (*Gliricidia sepium*) Rev. cubana Cienc. agríc. 33: 325
- FLORES, O; BOLIVAR, D; BOTERO, J & IBRAHIM, M. 1998.** Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. Livestock Research for Rural Development. 10 (1):1-5
- FRANCISCO, GERALDINE; SIMÓN, L. & SOCA, Mildrey. 1998.** Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. Pastos y Forrajes. 21:337
- FRANCO, M.H. 2000.** Efecto de la edad de corte sobre la degradabilidad ruminal in situ y la solubilidad de la proteína de *Cratylia argentea*. En: Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 105-110
- FREGOSO, L.E. 2000.** Investigación agrícola para el desarrollo sostenible: retos y oportunidades para el siglo XXI. En: Red Gestión de Recursos Naturales. Desarrollo Sostenible. No. 21. p. 16-31.
- GAMBOA, M.A, MENDOZA, H.; MEDINA, A. & SOLORIO, F. J. 2000.** Evaluación agronómica y producción de forraje de cinco especies de árboles forrajeros en Yucatán. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 188-191
- GARCIA, H.; NYGREN, P. & DESFONTAINES, L. 2001.** Dynamics of non-structural carbohydrates and biomass yield in a fodder legume tree under different harvest intensities. Tree Physiol. 21, in print.
- GEILFUS, F. 1994.** El árbol al servicio del agricultor. Guía de especies. ENDA-CARIBE. CATIE. Turrialba. Costa Rica. Vol.2, p.541
- GLIESSMAN, S.R. 1998.** Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. Chelses; MI, Ann Arber Press. p-12.
- GÓMEZ, MARIA ELENA; MURGUETIO, E.; MOLINA, C; MOLINA, E.J. & MOLINA, J.P. 1995.** Matarratón (*Gliricidia sepium*). En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV. Colombia. p.13
- GÓMEZ, MARIA ELENA; RÍOS, CLARA INÉS & MURGUEITIO, E. 1995.** Nacedero: *Trichantera gigantea* (H et B.) Nees. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV. Cali, Colombia. p. 67

- GONZÁLEZ, H. & CANTÚ, I. 2001.** Drought adaptation in native woody species with silvopastoral potential in Northeastern México. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 207-212
- GONZALEZ, J.; LOBO, M.V.; ACUÑA, V.; ARGEL, P.; HIDALGO, C.; & ROMERO, F. 2001.** Utilization of the shrub *Cratylia argentea* cv. Veraniega as protein supplement for milking cows during the dry season in Costa Rica. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 403-407
- GUPTA, B.S. 1981.** Studies on the effect of molasses feeding on the nutritive value of siris (*Albizia lebbbeck*) tree leaves. Indian Journal of Nutrition and Diet. 18:144-147
- GUTTERIDGE, R & SHELTON, S. 1994.** Forage tree legumes in tropical agriculture. CAB International. UK. 389 p.
- HERNANDEZ, A.; PEREZ, J.M.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.; RUIZ, J.; JAIMEZ, E.; MARSON, R.; OBREGON, A.; TORRES, J.M.; GONZALEZ, J.E.; ORELLANA, R.; PANEQUE, J.; MESA, A.; FUENTES, ENMA; DURAN, J.E.; PENA, J.; CID, G.; PONCE, D.;HERNANDEZ, MAYDA; FROMETA, E.; FERNANDEZ, LIBIA; GARCES, N.; MORALES, MARISOL; SUAREZ, ALBIA; MARTINEZ, E. & RUIZ, J.M. 1999.** Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelo. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. 64 p.
- HERNÁNDEZ, I.; BENAVIDES, J.E. & MARTÍN G. 2000.** El corte y acarreo de los árboles forrajeros como una alternativa en una ganadería ambiental e intensiva. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 494-496
- HERNÁNDEZ, MARTA & SIMÓN L. 1994** Efecto de la densidad de los árboles de *Albizia lebbbeck* sobre la deposición de hojarasca en el suelo. Resúmenes. Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 74
- HERNÁNDEZ-DAUMAS, S. & RUSSELL, G. 2001.** The tree-grass-soil interaction in silvopastoral systems. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 140
- HERNÁNDEZ-DAUMAS, S.; RUSSELL, G. & ARAH, J. 2001.** Modelling carbon and nitrogen cycling in a humid tropical silvopastoral systems. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 178-181
- HERRERA, M.E. 1990.** Análisis del comportamiento de 12 especies arbóreas de uso múltiple en Guápiles de Costa Rica. Tesis Magíster Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 106 p.
- HIGUERA, A.; CASTILLO, A.; GARCÍA, C.; SOTO, I.; SANDOVAL, L. & LOBO, R. 1998.** Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el rendimiento y calidad del forraje de diferentes variedades de Quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 15:188-198
- HOOGESTERGER, J. & KARLSSON, P.S. 1992.** Effects of defoliation on radial stem growth and photosynthesis in the mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*). Functional Ecology. 6:317-327
- HORNE, P.M.; CATCHPOOLE, D.N. & ELLA, A. 1986.** Cutting management of tree and shrub legumes In: Forages in the Asian and South Pacific agriculture. (Eds. G.J. Blair, D.A. Ivory and T. R. Evans). ACIAR. Proceedings. Canberra, Australia. p.164-169
- IBRAHIM, M.; CAMERO, A.; PEZO, D. & ESQUIVEL, J. 1998.** Sistemas silvopastoriles. En: Apuntes de clase del curso corto Sistemas Agroforestales. (Eds. F. Jiménez y A. Vargas). CATIE, Turrialba. Costa Rica. p. 289-314
- IBRAHIM, M; FRANCO, F; PEZO, D.; CAMERO, L.A & ARAYA, J. 2000.** Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. Agroforestry Systems. (In press).
- ISARASANEE, A.; SHELTON, H.M; JONES, R.M & BUNCH, G.A. 1985.** Accumulation of edible forage of *Leucaena* dry season feed. *Leucaena* Research Reports. NFTA. 5:3-4
- KRISHNAMURTHY, L. & RAJAGOPAL, I. 2000.** Diseño y manejo de sistemas agroforestales con una gran diversidad de especies para la producción sostenible. Red Gestión de Recursos Naturales. Desarrollo sostenible. p. 32-43
- LAPLACE, S.; BRIZUELA, M.A & CID, M.S. 1997.** Management of tall Wheatgrass based on the leaf appearance during spring. Proceedings XVIII International Grassland Congress. Winnipeg, Canada. p.27.
- LANBI, A.; AWOJIDO, A.A.; ADEKUNLE, I.O.; LADIPO, D.O. & AKINLADE, J.A. 2000.** Fodder production responses to pruning height and fodder quality of some trees and shrubs in a forest-savanna transition zone in Southwestern Nigeria. Agroforestry Systems. 2:302
- LLAMAS, E.; CASTILLO, J.B.; SANDOVAL, C. & BAUTISTA, F. 2001.** Trees forage production and quality on a quarry soil in Mérida, Yucatan, México. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 355-359

- LÓPEZ, G. Z.; BENAVIDES, J.; KASS, M. & FAUSTINO, J. 1994.** Efecto de la frecuencia de poda y la aplicación de estiércol sobre la producción de biomasa de amapola (M. Arb) En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Eds. J. E Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 236. Vol. 2, p. 531-544
- LOTT, J.E; HOWARD, S.E; ONG, C.K & BLACK, C.R. 2000.** Long term productivity of *Gravillea robusta*-based overstory agroforestry systems in semi-arid Kenya. II. Crop growth and systems performance. Forestry Ecology and Management. 139:187-201
- LOWRY, J.B; PRINSEN, J.H. & BURROWS, D.M. 1994.** *Albizia lebbeck* a promising forage tree for semiarid regions. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. R. C. Gutteridge. & H. M. Shelton). CAB International. UK. 389 p.
- MACHADO, R. 1996.** Botánica de las leguminosas. Conferencia. Programa de Maestría en Pastos y Forrajes. E E P F "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- MAHONY, D. 1994.** Trees of Somalia. A field guide for development workers. Oxford. UK. p. 15
- MARTIN, G.; GARCIA, F.; REYES, F.; HERNANDEZ, I. & MILERA, MILAGROS. 2001.** Agronomic studies performed on *Morus alba* in Cuba. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 286-391
- MARTÍN, G.; REYES, F.; HERNÁNDEZ, I. & MILERA, MILAGROS. 2000.** Estudios agronómicos realizados en *Morus alba*. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbusto en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 200-204
- MARTÍNEZ, J.; HERNÁNDEZ, YAUMARA & GUEVARA, R. 1996.** Determinación cuantitativa de algunos factores antinutritivos en cinco leguminosas tropicales. Resúmenes Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 27
- MESA, A. & SUÁREZ, O. 1986.** Los suelos de Cuba. En: Los pastos en Cuba. EDICA. La Habana, Cuba. Tomo 1, p.48
- MILERA, MILAGROS. 1998.** Los Sistemas Silvopastoriles para la producción de leche vacuna. Conferencia del Diplomado en Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 14 p.
- MOCHIUTTI, S. 1995.** Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 144 p.
- MOHINDDIN, M. 1994.** Potential for agroforestry. In: International workshop on *Albizia* and *Paraserianthes* species. (Ed. N. O. Zabala). Bislig, Philippines. p.36
- MOTT, J.J.; LUDLOW, M.M.; RICHARDS, J.H. & PARSONS, A.D. 1992.** Effects of moisture supply in the dry season and subsequent grasses *Themeda triandra*, *Heteropogon contortus* and *Panicum maximum*. Australian Journal Research. 43:241-260
- MUSCHLER, R.G. & BONNEMAN, C. 1997.** Potentials and limitations of agroforestry for changing land-use in the tropics: experiences from Central America. Forest Ecology and Management. 91:61-73
- NAME, B. & VILLARREAL, J. 2001.** Soil dynamics in *Acacia mangium* plots associated to *Brachiaria humidicola* in a ultisol of Panama. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 217-222
- NORTON, B.W. 1994.** The nutritive value of tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (R.C Gutteridge and H.M Shelton, M Eds.). CAB International. UK. p. 177
- NORTON, B.W.; KAMAU, F.K. & ROSEVEAR, R. 1992.** The nutritive value of some tree legumes supplements and sole foods for goats. In: Recent advances in animal production. (C. Reodecha, S. Sangid and P. Bunyavetchwin, Eds). Proceedings of the sixth AAAP Animal Science Congress. 1992. Sukothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand. Volume III, p.151
- NYGREN, P. 1996.** Implicaciones de las características del poró (*Erythrina poeppigiana*) en su manejo en sistemas agroforestales. Revista Forestal Centroamericana. N° 16, 5:16-24
- NYGREN, P.; BERNINGER, F; NIKINMAA, E; SIEVÄNEN, R & CRUZ, P. 2001.** Evaluating the sustainability of tree fodder harvesting: A modelling approach. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 223-227
- NYGREN, P; KIEMA, P. & REBOTTARO, S. 1996.** Canopy development, CO<sub>2</sub> exchange and carbon balance of a modelled agroforestry tree. Tree Physiology. 16:733-745
- OKANO, K.; KOMAKI, S. & MATSUA, K. 1994.** Remobilization of nitrogen from vegetative parts to sprouting shoots of young tea (*C. sinensis*) plants. Japanese Journal of Crop Science. 63:125-130
- OURRY, A.; BIGOT, J.; KIM, T.H.; BOUCAUD, J. & SALETTE, J. 1997..** Reserve mobilisation during regrowth after cutting of forage species. Quantification and physiological mechanisms in ryegrass and Lucerne. Proceedings XVIII International Grassland Congress. Winnipeg, Canada. p. 10
- PALMA, J. M. & FLORES, R. 1997.** Aproximación al estudio de la vegetación arbórea del estado de Colima, México. X Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria Trópico '97. Barra de Navidad, Jalisco. p. 88-90

- PAPANASTASIS, V.P.; PLATIS, P.D. & DINI-PAPANASTASIS, O. 1998.** Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations. *Forest Ecology and Management*. 110:283-292
- PEDRAZA, R. 2001.** Nutritive assessment of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth Ex Walp. foliage and its effect on rumen environment. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 319-323
- PEQUEÑO, J. 1968.** Agroquímica. Tomo I. Instituto del libro. 500 p.
- PERALES, M.; FREGOSO, L.E.; MARTÍNEZ, C.O.; CUEVAS, V.; LOAIZA, A.; REYES, J.E.; MORENO, T.; PALACIOS, O. & GUZMÁN, J.L. 2000.** Evaluación del sistema agrosilvopastoril del sur de Sinaloa En: Sustentabilidad y sistema campesinos. Cinco experiencias de evaluación en México rural. (Masería O. Y S. López Ridaura, Eds.). Mundi-Prensa-Gira-UNAM. México. p. 143-206
- PEREZ, A. & HERNANDEZ, A. 2000.** Estudio de la producción de legumbre de *Gliricidia sepium* en cinco regiones de Cuba. IV Taller Internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos forrajeros en la ganadería tropical". E.E.P.F. "Indio Hatuey". p. 42-46
- PEZO, D.; ROMERO, F. & KASS, M. 1993.** Manejo agronómico de leguminosas arbóreas para la producción de forraje de calidad: algunas experiencias con *Erythrina Spp.* y *Gliricidia sepium*. En 1<sup>er</sup> Simposium sobre leguminosas forrajeras arbóreas. Soc. Venezolana de Pastizales y Forrajes. Capit. Zuliano y Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela. 24 p.
- PEZO, D. & IBRAHIM, M. 1999.** Sistemas Silvopastoriles. 2<sup>da</sup> edición. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. 276 p.
- PEZO, D.; KASS, M.; BENAVIDES, J.E.; ROMERO, F. & CHAVEZ, C. 1990.** Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. In: Shrubs and tree fodders for farm animals. (Ed. C. Devendra). IDRC. Ottawa, Can. p. 163-175
- PHATAK, P.S.; RAI, P. & ROY, R.D. 1980.** Forage production from koo-babool (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit). 1. Effect of plant density, cutting intensity and interval. *Forage Research*. 6:83-94
- PINEDA, O. & RAMÍREZ, O.A. 2000.** Producción de biomasa aérea en *Calliandra calothyrsus* y *Taxiscabo (Perymenium grande)* bajo diferentes sistemas de manejo en Cobán, Alto Verapaz, República de Guatemala. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 226-228
- PINKARD, E.D. & BEADLE, C.L. 1998.** Regulation of photosynthesis in *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden following green pruning. *Trees-Structure and Function*. 12:366-376
- PINKARD, E.D.; BEADLE, C.L.; DAVINSON, N.J. & BATTAGLIA, M. 1998.** Photosynthetic responses of *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden to green pruning. *Trees-Structure and Function*. 12:119-129
- PINTO, R., RAMÍREZ, L. & KU-VERA, J.C. 2001.** Nutricionales characteristics of forage species in the silvopastures of multiple strata in Chiapas, Mexico. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 394-398
- PRETEL, P.R.; JIMÉNEZ, J.J.; MENDOZA, H.; BAUTISTA, F. & SOLORIO, J. 2000.** Efecto de dos sistemas de podas en la producción de forraje de Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz). Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 229-232
- REICH, P.B.; WALTERS, M.B.; KRAUSE, S.C.; VANDERKLEIN, D.W.; RAFFA, K.R. & TABONE, T. 1993.** Growth, nutrition and gas exchange of *Pinus resinosa* following artificial defoliation. *Trees-structure and Function*. 1:67-77
- RICHARDS, J. H. 1993.** Physiology of plants recovering from defoliation. Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand. Vol. 1, p. 85-93
- RODRÍGUEZ PETIT, A.; CLAVERO, T. & RAZZ, ROSA. 1998.** Rendimiento de *Acacia mangium* Wild. bajo corte durante dos épocas de crecimiento. Memorias III Taller Internacional "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 122
- RODRÍGUEZ, LYLIAN & MURGUEITIO, E. 1995.** Género *Erythrina*. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Cali, Colombia. p. 89
- RODRIGUEZ, P.I. 2001.** Fundamentos de la Silvicultura. Universidad Santo Tomás. Bogotá, D.C. Colombia. 300 p.
- ROGGERO, P.P.; FRANCO, A.; SITZIA, M. & CAREDDA, S. 1997.** Canopy structure and forage production of *Lolium rigidum gaudin* as influenced by the frequency of defoliation. Proceedings XVIII International Grassland Congress. Winnipeg, Canada. p. 9
- RUIZ, T.E. & FEBLES, G. 1987.** Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. EDICA. La Habana, Cuba. 200 p.

- RUIZ, T.E.; FEBLES, G.; UNTORIO, J.A.; DIAZ, H. & DIAZ, L.E. 2000.** La poda: una labor necesaria en *L. leucocephala* para los sistemas silvopastoriles. En: IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 233-234
- RUSSO, R & BOTERO, R. 1996.** Nitrogen fixing tree for animal production on acid soils. In: Nitrogen fixing tree for acid soils. (M. Powell, Ed.). Winrock Internationals Nitrogen Fixing Tree Association and the Taiwan Forestry Research Institute. Taiwan, Republic of China. p.67
- SÁNCHEZ, A.; MIQUILENA, O. & FLORES, R. 2000.** Efecto de corte en la arquitectura de la *L. leucocephala* por goteo artesanal. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 235-239
- SÁNCHEZ, M.D. 1999.** Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO. Roma, Italia. p. 2
- SAVORY, R.; BREEN J & BEALCE, C.I.A. 1980.** *Leucaena* research in Malawi. *Leucaena Newsletter*. 1:15
- SCHLINK, A.C.; LOWRY, J.B; GIBSON, D.S. 1990.** Products from the tree legume *Albizia lebbbeck* as supplements for sheep in the dry tropics. *Australian Society of Animal Production*. 18:546
- SENOCK, R.S.; SISSON, W.B. & DONART, G.B. 1991.** Compensatory photosynthesis of *Sporobolus flexuosus* (Thurb.) Ryelb. Following simulated herbivory in the northern chihuahuan desert. *Botanical Gazette*. Chicago, USA. 152:275-281.
- SHELTON, H.M. & BREWBAKER, J.L. 1994.** *Leucaena leucocephala*, the most widely used forage tree legume. In forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. By R. C. Gutteridge & H. M. Shelton). CAB International. Wallingford, U.K. p. 15-29
- SHELTON, H.M. 2000.** Potencial y limitaciones de *Leucaena* spp. para sistemas silvopastoriles. Simposio Internacional: Sistemas Agroforestales pecuarios en América del Sur. FAO. Brasil. p.32-33
- SIMON, L.; CACERES, O.; SANTANA, H.; HERNANDEZ, I.; IGLESIAS, J.; DUQUESNE, P. DELGADO, R. & DOCAZAL, G. 1992.** Resultados obtenidos en la alimentación de bovinos y ovinos con *Albizia lebbbeck* Benth. VI Encuentro Técnico de la Filial Territorial de ACPA. Matanzas, Cuba. (Mimeo).
- SKERMAN, P.J.; CAMERON D.G & RIVEROS, F. 1991.** Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma, Italia. p. 602-612.
- SNELL, F.D. & SNELL, C.T. 1954.** Colorimetric methods of analysis. 3<sup>th</sup> ed. New Cork, U.S.A.
- SOCA, MILDREY; SIMON, L.; CACERES, O. & FRANCISCO, A. GERALDINE. 1999.** Valor nutritivo del heno de leguminosas arbóreas. I *Albizia lebbbeck* (Algarrobo de olor). *Pastos y Forrajes*. 22:353
- SOTELO, A.; LUCAS, B.; UVALLE, A. & GIRAL, F. 1980.** Chemical composition and toxic factors content of sixteen leguminous seeds (II). *Quart. J. Crude Drug Res*. 18:9
- STEEL, R.D.G. & TORRIE, J. C. 1993.** Bioestadística: principios y procedimientos. 2<sup>da</sup> Edición. Mc Graw-Hill. México. 622 p.
- STÜR, W.W.; SHELTON, H.M. & GUTTERIDGE, R. C. 1994.** Defoliation and management of forage tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Gutteridge, R. C.; Shelton, H. M., Eds.). CAB International. Wallingford, U. K. p. 144-157
- TAKAHASHI, M. & RIPPERTON, J.C. 1949.** Koa haola (*Leucaena glauca*): Its establishment, culture and utilization as a forage crop. Hawaii Agriculture Experimental Station. Bulletin 100. p. 56
- TISDALE, S. & NELSON, W. 1991.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Limusa, S.A de C.V. México. 760 p.
- TORRES, A.; CHACÓN, E.; ARRIOJAS, L. & ARMAS, S. 2000.** Efecto de la época y los patrones de siembra sobre la producción y arquitectura de la biomasa en bancos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Zootecnia Trop*. 18 (1):145-161
- VALENCIA, M.H.; IBRAHIM, M.; PEZO, D.A; CAMERO, L.A & ARAYA, J.L. 1999.** Degradabilidad ruminal in situ y solubilidad de la proteína de rebrotes de *Cratylia argentea* de diferentes edades. *Agroforestería en las Américas*. 5:29-33
- VÁZQUEZ, E & TORREZ, S. 1995.** Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 451 p.
- VÁZQUEZ, P.C. 1998.** Utilización del follaje de Matarratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de vacas en producción. Memorias III Taller Internacional "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p.142
- VILELA, ALEJANDRA & RAVETTA, D. 2001.** The role ecophysiology in silvopastoral research an example with a *Prosopis* spp. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress and Livestock Production in Latin America. San José. Costa Rica. p. 256-260

## Anexos

Cuadro 1A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca comestible (kg/ha) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación.

Fuentes de variación	GL	CM	P	Sign.	
Tratamiento	2	49105	0,001	***	
Bloque	3	7646	0,024	*	
Error	6	1130		14,20	
Fuentes de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Efecto lineal	2	48841	14,53	0,0015	***
Error	9	3360			
Parámetros	Estimado	ES	T	P	Sign.
a	29,66	49,6344	0,5977	0,5633	ns
b	103,5	22,9763	4,5046	0,0011	***
c	-28,26	14,9685	-1,8884	0,0916	*
$Y = 29,66 + 103,5 \times X - 28,26 \times c$					

Cuadro 2A. Análisis de varianza en la producción total de biomasa comestible (Kg/MS/ha/año) para la época y las alturas defoliación.

Fuente de variación	GL	C.M	P>F
Época	1	6.6234	0.0001
Bloque	2	72762.0	0.1747
Tratamiento	3	155557.0	0.3957

Cuadro 3A. Influencia de factores climáticos en la producción de biomasa comestible (Kg/MS/ha) para las defoliaciones a diferentes alturas de corte.

Fuente de variación	ESTIMADO	E S	T	P
Constante	-3,0439	12,025	-0,2531	0,8020ns
Precipitación	0,0049	0,000827	5,98867	0.0000***
Temperatura	-0,09663	0,2115	-0,4568	0.8174ns
Humedad relativa	0,04803	0,1673	0,287082	0.7520ns
Evaporación	0,2163	0,4879	0,443304	0.6610ns
	GL	MS	P	Sign.
Efecto lineal	4	14.0028	0.0000	***
Error	28	1,3359		

Cuadro 4A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca no comestible (kg/ha) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación.

Fuentes de variación	GL	CM	P	Sign.
Tratamiento	2	78450	0,049	*
Bloque	3	9582	0,745	ns
Error	6	45197		
Fuentes de variación	GL	CM	F	Sign.
Efecto lineal	2	49105	14.87	***
Error	10	4223		
Parámetros	Estimado	ES	T	P
a	29,66	49,63	0,5977	0,5633ns
b	103,5	22,97	4,5046	0,0011***
$Y = 29,66 + 103,5 \times X$				

Cuadro 5A. Análisis de varianza y regresión para la producción de materia seca total (kg/ha) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación.

Fuentes de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	2	174785	29,36	0,0008	***
Bloque	2	7468	1,25	0,3706	ns
Error	6	5953			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	284258	23,03	0,0007	***
Error	10	12343			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	121,33	84,85	1,4298	0,1832	ns
b	188	39,28	4,7988	0,0007	0,0007
$Y = 121,33 + 188 \times X$					

Cuadro 6A. Análisis de varianza en la producción de materia seca total (kg/ha) de la época de seca para el experimento de altura de defoliación.

Fuentes de variación	GL	CM	F	P	Sign
Tratamiento	2	136454	0,58	0,5903	ns
Epoca	3	2,01667	85,16	0,0001	***
Error	6	236813			

Cuadro 7A. Análisis de la influencia de algunos factores climáticos en la producción de biomasa total (Kg/MS/ha) con las defoliaciones a diferentes alturas de cortes.

Fuente de variación	ESTIMADO	ES	T	P	Sing.
Constante	313,33	23,9727	0,55	0,5826	ns
Precipitaciones	0,0133	0,0016	8,08	0,0000	***
Temperatura	-0,1240	0,4216	-0,29	0,7708	ns
Humedad relativa	-0,1362	0,3335	-0,40	0,6859	ns
Evaporación	-0,1637	0,9726	-0,16	0,8675	ns
	GL	MS	P	Sing.	
Efecto lineal	4	94,97	0,0000	***	
Error	28	5,30			



Cuadro 8A. Análisis de varianza de la altura del rebrote (cm) en la época de seca para el experimento de altura de defoliación.

Fuentes de variación	GL	CM	F	Sign	CV
Tratamiento	2	883	2,26	ns	
Bloque	3	1272	3,26	ns	
Error	6	390			44,68

Cuadro 9A. Análisis de varianza de la altura del rebrote (cm) en la época de lluvia para el experimento de altura de defoliación.

Fuentes de variación	GL	CM	F	Sign	CV
Tratamiento	2	2293	2,77	ns	
Bloque	3	15,19	0,02	ns	
Error	6	827			15,79

Cuadro 10 A. Análisis de varianza y regresión de la producción de hojas en el primer año de evaluación (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	3	141573	41,68	0,0000	***
Bloque	3	167	0,05	0,9846	ns
Error	9	3396			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco doble	1	62720,0	2,23	0,0001	***
Error	14	28076,6			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,0008322	0,0002991	2,78227	0,0147	**
b	0,002692	0,0005013	5,3692	0,0001	***
$Y = 1/(0,0008322 + 0,002692/X)$					

Cuadro 11 A. Análisis de varianza y regresión de la producción de hojas para el segundo año (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	Sign	Sign.
Tratamiento	3	9969	5,76	0,0176	*
Bloque	3	2242	1,30	0,3343	ns
Error	9	1730			25,44
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco -y	1	0,000023	6,32	0,0248	*
Error	14	0,0000037			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,0041	0,001182	3,46	0,0038	**
b	0,00002410	0,0000095	2,51	0,0248	*
$Y = 1/(0,0041 + 0,00002410 \times X)$					

Cuadro 12 A. Análisis de varianza y regresión para la producción de tallos tiernos para el primer año (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	3	45666	30,25	0,0000	***
Bloque	3	1332	0,88	0,4860	ns
Error	9	1509			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco doble	1	0,00001926	16,61	0,0011	***
Error	14	0,00000116			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,001840	0,00055	3,33293	0,0049	***
b	0,1697	0,04164	4,07493	0,0011	***
$Y = 1/(0,001840 + 0,1697/X)$					

Cuadro 13A. Análisis de varianza y regresión para la producción de tallos tiernos para el segundo año (kg/ha) en la época de seca para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	SIGN	CV
Tratamiento	3	3090	5,47	*	
Bloque	3	641	1,14	ns	
Error	9	565			26,62

Cuadro 14A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca comestible en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	3	339101	73,92	0,0000	***
Bloque	3	2010	0,44	0,7311	ns
Error	9	4587			24,52
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco doble	1	0,000003470	27,84	0,0001	***
Error	14	1,2465			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,000563	0,000181	3,1122	0,0076	***
b	0,0016	0,0003033	5,2767	0,0001	***
$Y = 1/(0,000563 + 0,0016/X)$					

Cuadro 15A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca no comestible en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	3	89547	21,14	0,0002	***
Bloque	3	9324	2,20	0,1574	ns
Error	8	4235			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco doble	2	0,000023	5,79	0,0305	*
Error	14	0,000040			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,0023	0,0012	1,9079	0,0771	*
b	0,0010	0,00045	11,1488	0,0305	*
$Y = -5,0 + 4,96 \times X$					

Cuadro 16A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca no comestible en el segundo año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	3	92806	16,75	0,0005	***
Bloque	3	172,91	0,03	0,9921	ns
Error	9	5539,58			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	230051,1	32,62	0,0001	***
Error	14	7053			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	27,5	51,4285	0,5347	0,6012	ns
b	107,25	18,779	5,7111	0,0001	***
$Y = 27,5 + 107,25 \times X$					

Cuadro 17A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca total en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign.
Tratamiento	3	234,08	39,4	0,0000	***
Bloque	3	16,98	2,86	0,0965	*
Error	9	5,93			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	622,17	47,23	0,0000	***
Error	14	13,1739			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	3,9375	2,2226	1,7715	0,0982	*
b	5,5775	0,8116	6,8722	0,0000	***
$Y = 3,9375 + 5,5775 \times X$					

Cuadro 18A. Análisis de varianza y regresión de la producción de materia seca total en el segundo año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN
Tratamiento	3	94114	6,06	0,0153	*
Bloque	3	7903	0,51	0,6858	ns
Error	9	15526			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	10,95	5,13	0,0399	*
Error	14	2,135			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	350,87	90,78	3,86	0,0012	***
b	83,1	33,14	2,50	0,0251	*
$Y = 350,87 + 83,1 X$					

Cuadro 19A. Análisis de varianza y regresión de las tasas de producción de materia seca comestible en el primer año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	0,004590	13,68	0,0011	***
Bloque	3	0,000113	0,34	0,7990	ns
Error	9	0,000335			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco-y	1	327,464	26,46	0,0001	***
Error	14	12,3775			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	3,686	2,154	1,7110	0,1091	ns
b	4,046	0,786	5,1435	0,0001	***
$Y = 1/(3,686 + 4,046/ X)$					

Cuadro 20A. Análisis de varianza y regresión de las tasas de producción de materia seca comestible en el segundo año (kg/ha) para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	0,00120	24,49	0,00013	***
Bloque	3	0,000072	0,06	0,9774	ns
Error	9	0,000049			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	0,0035	69,86	0,0000	***
Error	14	0,000051			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,061	0,00437	13,97	0,0000	***
b	-0,013	0,00159	-8,35	0,0000	***
$Y = 0,06115 - 0,013 x X$					

Cuadro 21A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de *A. lebbeck* con las defoliaciones cada 45 días.

AÑOS	MESES DE EVALUACION							
	Enero	Marzo	Abril	Junio	Julio	Septiembre	Octubre	Diciembre
1	4,00 <sup>bc</sup>	4,40 <sup>bc</sup>	5,60 <sup>bc</sup>	1,80 <sup>de</sup>	4,00 <sup>cd</sup>	11,20 <sup>a</sup>	6,40 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>e</sup>
E.S	0,016	0,0021	0,0022	0,0009	0,0021	0,0040	0,0014	0,000
2	0,00 <sup>d</sup>	0,24 <sup>d</sup>	5,56 <sup>ab</sup>	1,2 <sup>cd</sup>	4,4 <sup>ab</sup>	5,2 <sup>a</sup>	3,08 <sup>bc</sup>	0,00 <sup>d</sup>
E.S	0,000	0,0004	0,0027	0,001	0,0035	0,0019	0,0024	0,000

Valores con letras iguales en la horizontal no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) por la prueba de Duncan

Cuadro 22A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de *A. lebbeck* con las defoliaciones cada 90 días.

AÑOS	MESES DE EVALUACION			
	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre
1	6,4 <sup>c</sup>	10,0 <sup>b</sup>	27,2 <sup>a</sup>	5,6 <sup>c</sup>
E.S	0,0045	0,0007	0,0012	0,0006
2	0,8 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	10,00 <sup>a</sup>	1,72 <sup>b</sup>
E.S	0,000	0,0013	0,0034	0,0023

Valores con letras iguales en la horizontal no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) por la prueba de Duncan

Cuadro 23A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de *A. lebbeck* con las defoliaciones cada 135 días.

AÑOS	MESES DE EVALUACION	
	Abril	Septiembre
1	0,16 <sup>b</sup>	2,04 <sup>a</sup>
E.S	0,000	0,0016
2	0,16 <sup>b</sup>	2,04 <sup>a</sup>
E.S	0,000	0,0016

Valores con letras iguales en la horizontal no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) por la prueba de Duncan

Cuadro 24A. Tasas de producción diaria de materia seca comestible (Kg/ha) de *A. lebbeck* con las defoliaciones cada 180 días.

AÑOS	MESES DE EVALUACION	
	Abril	Diciembre
1	4,4 <sup>b</sup>	13,6 <sup>a</sup>
E.S	0,00064	0,00086
2	1,08 <sup>b</sup>	2,48 <sup>a</sup>
E.S	0,00047	0,0049

Valores con letras iguales en la horizontal no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) por la prueba de Duncan

Cuadro 25A. Análisis de varianza y regresión del número de rebrotes en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN
Tratamiento	3	1244	10,08	0,0031	***
Bloque	3	313	2,54	0,1220	ns
Error	9	123			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	2508	10,73	0,0055	***
Error	14	233			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	58,87	9,3631	6,2879	0,0000	***
b	-11,2	3,4189	-3,2758	0,0055	***
$Y = 58,87 - 11,2 \times X$					

Cuadro 26A. Análisis de varianza y regresión del número de rebrotes en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	627,41	15,21	0,0007	***
Bloque	3	42,08	1,02	0,4283	ns
Error	9	41,25			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	1361,25	18,71	0,0007	***
Error	14	72,75			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	47,0	5,2231	8,9984	0,0000	***
b	-8,25	1,9072	-4,3256	0,0007	***
$Y = 47,0 - 8,25 \times X$					

Cuadro 27A. Análisis de varianza y regresión del diámetro de rebrotes en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	0,5539	8,97	0,0045	***
Bloque	3	0,0189	0,31	0,8198	ns
Error	9	0,0617			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	1,65313	37,25	0,0000	***
Error	14	0,04437			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,15	0,1289	1,1628	0,2643	ns
b	0,2875	0,0471	6,1035	0,0000	***
$Y = 0,15 + 0,2875 \times X$					

Cuadro 28A. Análisis de varianza y regresión del diámetro de rebrotes en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	0,2622	18,07	0,0004	***
Bloque	3	0,01229	0,85	0,5022	ns
Error	9	0,01451			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	0,7031	39,18	0,0000	***
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,2	0,082	2,43	0,0287	***
b	0,0041	0,00066	6,25	0,0000	***
$Y = 0,2 + 0,0041 \times X$					

Cuadro 29A. Análisis de varianza y regresión de la proteína bruta (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN
Tratamiento	3	24,9773	4041,27	0,0000	***
Bloque	3	0,02062	3,34	0,0699	ns
Error	9	0,00618			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	66,0661	102,96	0,0000	***
Error	14	0,6416			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	30,66	0,4905	62,4576	0,0000	***
b	-1,8175	0,1791	-10,147	0,0000	***
$Y = 30,66 - 1,8175 \times X$					

Cuadro 30A. Análisis de varianza y regresión de la proteína bruta (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	26,6856	1707	0,0000	***
Bloque	3	0,00229	0,15	0,9292	ns
Error	9	0,01562			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto recíproco-y	1	0,0002647	9,77	0,0074	***
Error	14	0,0000271			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,042	0,003188	13,39	0,0000	***
b	0,0036	0,001164	3,12	0,0074	***
$Y = 0,042 - 0,0036 \times X$					

Cuadro 31A. Aportes de PB, Ca, P (Kg/ha) con las diferentes frecuencias de defoliación.

Variables	FRECUENCIAS							
	45		90		135		180	
	Año							
	I	II	I	II	I	II	I	II
PB	532 <sup>a</sup>	19,0 <sup>b</sup>	1208 <sup>a</sup>	301 <sup>b</sup>	804 <sup>a</sup>	207 <sup>b</sup>	808 <sup>a</sup>	108 <sup>b</sup>
Ca	17,6 <sup>a</sup>	9,14 <sup>b</sup>	59,2 <sup>a</sup>	12,9 <sup>b</sup>	50,8 <sup>a</sup>	13,8 <sup>b</sup>	63,7 <sup>a</sup>	10,0 <sup>b</sup>
P	8,8 <sup>a</sup>	1,35 <sup>b</sup>	18,8 <sup>a</sup>	2,42 <sup>b</sup>	13,2 <sup>a</sup>	1,41 <sup>b</sup>	13,4 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>

Valores con letras iguales en la horizontal entre años no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) por la prueba de Duncan

Cuadro 32A. Análisis de varianza y regresión de la fibra bruta (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	17,3617	68,23	0,0000	***
Bloque	3	0,6216	2,44	0,1138	ns
Error	9	0,2544			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	38,3645	30,05	0,0001	***
Error	14	1,2768			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	24,78	0,6919	35,82	0,0000	***
b	1,385	0,2526	5,48	0,0001	***
$Y = 24,98 + 1,385 \times X$					

Cuadro 33A. Análisis de varianza y regresión de la fibra bruta (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	14,3025	19,92	0,0003	***
Bloque	3	0,2825	0,39	0,1649	ns
Error	9	0,7180			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	31,0005	22,58	0,0000	***
Error	14	1,37264			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	28,025	0,7174	39,06	0,0000	***
b	1,245	0,2619	4,75	0,0003	***
$Y = 28,025 + 1,245 \times X$					

Cuadro 34A. Análisis de varianza y regresión del calcio (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	0,58722	8053,34	0,0000	***
Bloque	3	0,00012	1,69	0,2389	ns
Error	9	0,000072			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	1,74936	1836,94	0,0000	***
Error	14	0,00095			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,69	0,01889	36,51	0,0000	***
b	0,29575	0,00690	42,85	0,0000	***
$Y = 0,69 + 0,29575 \times X$					



Cuadro 35A. Análisis de varianza y regresión del calcio (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	SIGN.
Tratamiento	3	0,3597	5395,75	0,0000	***
Bloque	3	0,00005	0,75	0,9396	ns
Error	9	0,00006			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	0,9374	92,13	0,0000	***
Error	14	0,0101			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,6712	0,061	10,86	0,0000	***
b	0,2165	0,0225	9,59	0,0000	***
$Y = 0,6712 + 0,2165 \times X$					

Cuadro 36A. Análisis de varianza y regresión del fósforo (%) en el primer año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	CV
Tratamiento	3	0,0081	182,25	0,0000	***
Bloque	3	0,0	0,00	1,0000	ns
Error	9	0,000044			
Fuente de variación	GL	CM	F	P	Sign
Efecto lineal	1	0,01458	20,17	0,0005	***
Error	14	0,00072			
Parámetro	Estimado	ES	T	P	Sign
a	0,5	0,0164	30,368	0,0000	***
b	-0,027	0,0060	-4,4911	0,0005	***
$Y = 0,5 - 0,027 \times X$					

Cuadro 37A. Análisis de varianza y regresión del fósforo (%) en el segundo año para el experimento de frecuencia de defoliación.

Fuente de variación	GL	CM	F	P	CV
Tratamiento	3	0,001966	70,80	0,0000	***
Bloque	3	0,000116	0,00	0,0408	*
Error	9	0,000044			