

**EFFECTO DEL INTERVALO DE PODA SOBRE LA BIOMASA FOLIAR Y  
RADICAL EN ÁRBOLES FORRAJEROS EN MONOCULTIVO Y  
ASOCIADOS**

**[EFFECT OF PRUNING INTERVAL ON FOLIAGE AND ROOT BIOMASS IN  
FODDER TREE SPECIES IN MONOCULTURE AND ASSOCIATION]**

**Fernando Casanova-Lugo\*, Luís Ramírez-Avilés, Francisco Javier Solorio-  
Sánchez**

*Cuerpo Académico de Producción Animal en Agroecosistemas Tropicales. Campus de  
Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán,  
México. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5 CP. 97100 Mérida, Yucatán,  
México. Teléfono: 01(999) 9423200. Email: fkzanov@gmail.com*

*\*Corresponding author*

**RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la poda a intervalos de 3 y 6 meses sobre el rendimiento de forraje, la relación hoja:tallo y la densidad de raíces finas en un banco de forraje de especies arbóreas. Se utilizaron 24 parcelas de 10 x 10 m de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (8 parcelas), *Guazuma ulmifolia* Lam. (8 parcelas) y la asociación de ambas especies (8 parcelas). La poda a 3 meses incrementó hasta 3 veces el rendimiento de forraje acumulado ( $P < 0.05$ ), principalmente en el cultivo asociado, el cual resultó con el mayor rendimiento acumulado ( $1727 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ). Asimismo, los sistemas de cultivo evaluados mejoraron ( $P < 0.05$ ) la relación hoja:tallo ( $P < 0.05$ ) en el mismo orden cuando fueron podados cada 3 meses. En contraste, no existió influencia de la poda ( $P > 0.05$ ) sobre la densidad radical en longitud ( $0.14 \text{ cm cm}^{-3}$ ) y en peso ( $0.40 \text{ mg cm}^{-3}$ ). Se concluye que, la poda a 3 meses es una estrategia de manejo para promover incrementos en el rendimiento y proporción de hojas en la biomasa foliar. En contraste, la poda no generó cambios en la densidad radical en las condiciones del presente estudio.

**Palabras clave:** Asociación de leñosas; poda; raíces

**INTRODUCCIÓN**

Las zonas tropicales poseen una gran diversidad de especies vegetales, las cuales tienen un alto valor biológico debido a las características nutricias y a los diversos beneficios que aportan al ambiente (Sosa *et al.*, 2004). Entre estas se encuentran *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Guazuma ulmifolia* Lam., consideradas como plantas con alto potencial para ser incorporadas a los sistemas silvopastoriles

**SUMMARY**

The aim of the present study was to evaluate the effect of pruning at 3 or 6 months on foliage yield, leaf:stem ratio and fine root density on trees fodder bank arrangement. A total of 24 10 x 10 m-plots were used, planted with either *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (8 plots), *Guazuma ulmifolia* Lam. (8 plots) and the association of both species (8 plots). Pruning increased ( $P < 0.05$ ) thrice accumulated foliage yield, mainly on the associated foliage trees, which resulted in the highest yield ( $1727 \text{ kg DM ha}^{-1}$ ). Pruning at 3-months regrowth increased ( $P < 0.05$ ) leaf proportion in both monoculture tree-system and the associated system. In contrast, pruning did not influence ( $P > 0.05$ ) root density neither in length ( $0.14 \text{ cm cm}^{-3}$ ) nor in weight ( $0.40 \text{ mg cm}^{-3}$ ) in any of the tree species arrangement (monoculture or associated). It is concluded that, pruning is a tree management strategy to promote increments on yield and quality of foliage. However, the effect of pruning of root density was limited under the conditions of the present study.

**Keywords:** Pruning; roots; tree association

(SSP), ya sea en bancos de proteína o en asociación con otros cultivos (Solorio, 2005).

En cualquiera de sus modalidades, los sistemas silvopastoriles son sistemas agroforestales (SAF) conformados por animales, suelo y por especies herbáceas y leñosas asociadas, las cuales además de proveer de alimento (e.g. forraje, frutos) de buena calidad y confort (e.g. sombra) a los animales, ofrecen beneficios ambientales (e.g. captura de carbono) así como protección y mejora del suelo (Simón, 1997).

La mayoría de los estudios realizados en SSP se han enfocado a la parte aérea (biomasa foliar) de las plantas (Schroth *et al.*, 2001). Sin embargo, el componente radical es igualmente importante, pues dentro de estos sistemas existen diferentes interacciones entre las especies, así como entre individuos, que están en función de la disponibilidad de recursos en el medio para su crecimiento. Los requerimientos específicos, las características morfológicas de los componentes, la densidad de plantas, el arreglo espacial y el manejo utilizado, son además otros factores muy importantes que pueden influir sobre el grado de interacción (Matthews *et al.*, 2004).

En los SSP, la poda de los árboles es una práctica común (del-Val y Crawley, 2004). Sin embargo, se desconoce el efecto de dicha práctica sobre el componente radical (subterráneo) cuando las especies arbóreas se encuentran en asociación, lo que dificulta la posibilidad de manejar eficientemente este sistema en el largo plazo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la poda en intervalos de 3 y 6 meses sobre el rendimiento de forraje, la relación hoja:tallo y la densidad radical en un sistema asociado de leñosas perennes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán, durante el periodo comprendido de noviembre 2006 a Mayo 2007. La zona presenta un clima Aw<sub>0</sub> según su clasificación (García, 1988), con una precipitación promedio anual de 953 mm, concentrándose de junio a octubre el 82 % de las precipitaciones. La temperatura media anual es de 26.5 °C, siendo el mes de abril el más caluroso donde se alcanzan temperaturas máximas de 38 °C y mínimas de 22 °C, el mes más frío es diciembre, con una temperatura máxima de 29 °C y una mínima de 19 °C. La humedad relativa varía de 66 %, en el mes de abril, a 85 %, en el mes de septiembre.

Los suelos predominantes de esta zona son las rendzinas (k'áan kab) y litosoles (tsek'el) con una moderada fertilidad con 1-1.5 % de carbono orgánico y un pH de 7.5 a 7.8. El área experimental tiene una historia de uso como banco forrajero de corte y acarreo. Ha funcionado durante cinco años con la utilización de riego de auxilio (dos veces por semana durante dos horas) y sin la aplicación de fertilizantes (Solorio, 2005).

### Diseño experimental y tratamientos

Para el experimento, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial 3 x 2, obteniéndose 6 tratamientos. Los tratamientos resultaron de la combinación del sistema de cultivo (i.e. monocultivo de *L. leucocephala* y *G. ulmifolia*, y la asociación de ambas especies) y la poda (a 3 y 6 meses de rebrote):

- *L. leucocephala* (con podas cada 3 meses)
- *G. ulmifolia* (con podas cada 3 meses)
- *L. leucocephala* asociada con *G. ulmifolia* (con podas cada 3 meses)
- *L. leucocephala* (podada a los 6 meses)
- *G. ulmifolia* (podada a los 6 meses)
- *L. leucocephala* asociada con *G. ulmifolia* (podada a los 6 meses)

### Manejo de las parcelas experimentales

Se utilizaron en total 24 parcelas de 10 x 10 m de *L. leucocephala* y *G. ulmifolia* y la asociación de ambas (ocho parcelas para cada arreglo arbóreo), las cuales fueron plantadas en hileras a lo largo de la parcela, con una separación entre hileras de 2 m y entre plantas de 0.5 m. En las parcelas de monocultivo (i.e. *L. leucocephala* o *G. ulmifolia* individualmente), cada posición de siembra contó con una planta (es decir se sembraron en total 100 plantas en cada parcela de monocultivo); mientras que, en las parcelas asociadas (i.e. *L. leucocephala* y *G. ulmifolia* asociadas) cada posición contó con dos plantas (es decir se sembraron en total 200 plantas por parcela). Así, aunque la densidad de plantas en monocultivo y en asociación fue 10,000 y 20,000 pl ha<sup>-1</sup>, respectivamente, a densidad por especie fue constante (10,000 pl ha<sup>-1</sup>). En todas las parcelas, se evaluó el efecto de la poda y el sistema de cultivo sobre el rendimiento de la biomasa foliar, la relación hoja:tallo y la densidad de las raíces por volumen de suelo.

### Biomasa foliar

Durante el mes de noviembre de 2006, se realizó una poda de uniformización a un metro de altura en todas las parcelas experimentales. Posteriormente, se aplicaron los intervalos de poda correspondientes a 3 y 6 meses.

En cada poda, se cuantificó el rendimiento de follaje fresco. De este se obtuvo una muestra de aproximadamente 300 g del follaje cosechado, la cual fue separada en componentes hoja y tallo, y secada a 60 °C en una estufa de circulación de aire forzado hasta obtener un peso constante. Así pudo conocerse la materia seca (MS) y la relación hoja-tallo para cada tratamiento.

## Biomasa radical

En todas las parcelas, se efectuaron dos muestreos de biomasa de raíces una semana después de cada poda, utilizando el método del cilindro de PVC, propuesto por Escamilla *et al.* (1991). Ello consiste en introducir en el suelo un cilindro de PVC hidráulico de 10 cm de diámetro, a la profundidad de 10 cm debido a que los suelos característicos de esta zona son de baja profundidad (10 a 20 cm) y con un alto porcentaje de pedregosidad (>70 %).

Para la evaluación de la biomasa de raíces, se obtuvieron ocho muestras en total por tratamiento; cuatro muestras fueron tomadas a 10 cm de las hileras (cerca del tallo de las leñosas); y cuatro restantes a la mitad del callejón entre hileras (100 cm).

Las muestras de suelo y raíces finas se extrajeron del cilindro de PVC mediante lavado con agua en un tamiz de malla de 1 mm, para separar las raíces del suelo. El contenido total de cada muestra fue procesado mediante el criterio de selección de raíces; este consistió en separar las raíces de las especies de interés conforme a su textura y coloración. Las raíces que no correspondían a las especies de estudio (e.g. herbáceas), así como todas las raíces muertas, fueron descartadas para su análisis.

Para el caso de las parcelas asociadas se cuantificó la biomasa total de las dos especies en su conjunto dentro del mismo volumen de suelo, independientemente de la proporción en que se encontraba cada especie.

Una vez que las raíces fueron extraídas, se almacenaron en bolsas plásticas y refrigeradas a 4 °C, para conservarlas fisiológicamente activas hasta su evaluación. Se determinó la longitud radical usando el método de análisis de imágenes con el programa RootEdge©, versión 2.3b. Asimismo, se pesó la biomasa radical, para lo cual se secaron las muestras a

una temperatura de 60 °C hasta alcanzar el peso constante. De esta manera, se obtuvo la densidad de las raíces en peso (Pv, mg de raíz cm<sup>-3</sup> de suelo) y en longitud (Lv, cm de raíz cm<sup>-3</sup> de suelo).

## Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron comparados mediante un análisis de varianza de dos factores, con el programa estadístico SigmaStat© para Windows versión 3.5. Se determinó si las variables eran diferentes entre sistemas de cultivo y entre podas, y la interacción de ambos factores. Cuando las pruebas de F resultaron significativas se procedió a la comparación de medias de Student-Newman-Keulls.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de biomasa foliar

No se observó interacción entre los factores analizados (P>0.05); sin embargo, el intervalo de poda sí influyó (P<0.05) sobre el rendimiento acumulado de biomasa foliar (Tabla 1). En todos los sistemas de cultivo, se observó un incremento del rendimiento como resultado de la poda a 3 meses, principalmente en la asociación de *L. leucocephala* y *G. ulmifolia*, la cual incrementó su rendimiento 30 %, aproximadamente, en comparación con los monocultivos.

El crecimiento inicial del nuevo rebrote, después de la poda, depende de la disponibilidad de carbohidratos y proteínas, las cuales juegan un papel muy importante (García *et al.*, 2001). En este sentido, la reducción de los carbohidratos de reserva, como consecuencia de la poda, ha sido reportada como un factor limitativo para el crecimiento inicial (Lehmann *et al.*, 1998; Camacaro *et al.*, 2003).

Tabla 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) en un banco forrajero de especies leñosas, podado a intervalos de 3 y 6 meses.

Tratamiento	Primera poda	Segunda poda	Acumulado
<i>Leucaena</i> (L) a 3 meses	283	864	1148 ± 133.5 ab
<i>Leucaena</i> (L) a 6 meses	--	--	921 ± 360.4 ab
<i>Guazuma</i> (G) a 3 meses	526	571	1097 ± 275.1 ab
<i>Guazuma</i> (G) a 6 meses	--	--	539 ± 118.6 b
<i>Leucaena</i> / <i>Guazuma</i> (L/G) a 3 meses	423	1304	1727 ± 453.4 a
<i>Leucaena</i> / <i>Guazuma</i> (L/G) a 6 meses	--	--	1008 ± 457.3 ab

Medias ± Error estándar seguidas de distintas literales difieren significativamente (P<0.05).

En otras especies forrajeras como *Gliricidia sepium*, se ha observado que las concentraciones de almidón y azúcares solubles después de la poda disminuyen, principalmente en las reservas del tallo, a diferencia de *L. leucocephala*, la cual reduce sus concentraciones tanto en tallo como en raíces. Para restaurar el total de las reservas después de la poda, se estima que *L. leucocephala* precisa cinco meses, mientras que *G. sepium* requiere más tiempo, ya que en tres meses solamente recupera el 50% de las reservas utilizadas en la estación seca (Latt *et al.*, 2000).

Estos hallazgos sugieren que, las diferencias podrían ser debido a las características genéticas de las especies, ya que *L. leucocephala* posee mayor habilidad de recuperación, indicio de su habilidad competitiva.

En el presente estudio, el incremento del rendimiento de biomasa aérea por el efecto general de la poda (en periodos de 3 meses) podría estar asociado con un estímulo en el cambio de asignación de recursos en la planta para la formación de un número mayor de rebrotes, ello ocasionado por la drástica reducción del área fotosintética.

Mika (1986) reporta que, los árboles sometidos a podas incrementan sus niveles de citocinina y, en consecuencia, aceleran el crecimiento y desarrollo de rebrotes. Sin embargo, este mecanismo no está claramente comprobado en las diversas especies arbóreas, ya que tienen una dominancia apical baja.

En algunos cultivos de tabaco (*Nicotiana tabacum*) se ha demostrado que la dominancia apical es causada por la hormona citocinina. La variación en las concentraciones de las hormonas citocinina y auxina determina la producción de tallos y de raíces, respectivamente, pero en concentraciones relativamente diferentes. Por ejemplo, se necesita concentraciones mayores de auxina para estimular el desarrollo de hojas y tallos, en contraste se necesita mayor concentración de citocinina en planta para el desarrollo de raíces (Bidwell, 1990).

Al comparar cada sistema de cultivo en los diferentes muestreos, se encontró que en la segunda evaluación el rendimiento del monocultivo de *G. ulmifolia* se incrementó ligeramente, mientras que los rendimientos del monocultivo de *L. leucocephala* y la asociación de *L. leucocephala* y *G. ulmifolia* se triplicaron (Tabla 1).

Esta misma tendencia es reportada por Lizárraga *et al.* (2001), la cual se asocia con el hecho de que al podar al final de la época lluviosa, algunas especies leguminosas, como *L. leucocephala* y *Lysiloma latifolium*, suspenden el proceso de floración y

estimulan el crecimiento vegetativo a lo largo de la estación seca.

Por otro lado, en el primer muestreo el rendimiento individual de *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* cuando fueron asociadas se redujo 60 y 27%, respectivamente, en comparación con los monocultivos; esta diferencia marcada en el porcentaje de reducción del rendimiento individual indica que *L. leucocephala* podría tener una mejor habilidad de asociación. Asimismo, en el segundo muestreo, el rendimiento foliar se redujo por efecto de la asociación, aunque de una manera menos notoria que en el primer muestreo, 20 y 8 % para *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*, respectivamente. Sin embargo, cuando se podó a 6 meses, los rendimientos individuales de *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* en asocio se redujeron 47 y 21 %, respectivamente, en comparación con los monocultivos.

### Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo fue mayor ( $P < 0.05$ ) con intervalos de poda de 3 meses con 2.7, 2.2 y 2.4 para los monocultivos de *L. leucocephala*, *G. ulmifolia* y el sistema asociado, respectivamente (Tabla 2). En consecuencia la proporción de hoja fue tres veces mejor para todas las especies con relación a las parcelas podadas a intervalos de 6 meses.

Diversos autores han mencionado que después de la poda, la planta invierte mayores recursos en producir nuevos tallos y hojas que resulta, consecuentemente, en una mayor relación de hojas y rebrotes tiernos, lo que se encuentra relacionado con un forraje de mejor calidad (Latt *et al.*, 2000; Camacaro *et al.*, 2003; Harmand *et al.*, 2004).

Es evidente que, conforme se prolongan los intervalos entre podas, se obtienen tallos más gruesos y leñosos y con altos niveles de lignina, por lo que este forraje puede considerarse de baja calidad (Pezo e Ibrahim, 1998).

### Longitud de raíces finas por volumen de suelo (cm cm<sup>-3</sup>)

En general, la interacción poda y sistema no influyó ( $P > 0.05$ ) sobre la longitud de raíces finas por volumen de suelo ( $L_v$ ) en las diferentes distancias de muestreo (i.e. 10 y 100 cm de la base del tallo). La  $L_v$  promedio fue de 0.18 cm cm<sup>-3</sup> a 10 cm del tallo y de 0.11 cm cm<sup>-3</sup> a un metro de distancia, independientemente del sistema de cultivo (Figura 1). Los tratamientos no tuvieron influencia ( $P > 0.05$ ) sobre la  $L_v$ ; sin embargo, en la mayoría de los casos la poda a tres meses tendió a incrementar la densidad de raíces.

Tabla 2. Relación hoja-tallo de la biomasa foliar en un banco forrajero de especies leñosas, podados a intervalos de 3 y 6 meses.

Tratamiento	Primera poda	Segunda poda	Promedio
<i>Leucaena</i> (L) a 3 meses	2.6	2.8	2.7 ± 0.3 a
<i>Leucaena</i> (L) a 6 meses	--	--	0.8 ± 0.1 b
<i>Guazuma</i> (G) a 3 meses	2.4	2.1	2.2 ± 0.4 a
<i>Guazuma</i> (G) a 6 meses	--	--	0.8 ± 0.04 b
<i>Leucaena</i> / <i>Guazuma</i> (L/G) a 3 meses	2.6	2.2	2.4 ± 0.3 a
<i>Leucaena</i> / <i>Guazuma</i> (L/G) a 6 meses	--	--	0.8 ± 0.1 b

Medias ± Error estándar seguidas de distintas literales difieren significativamente (P<0.05).

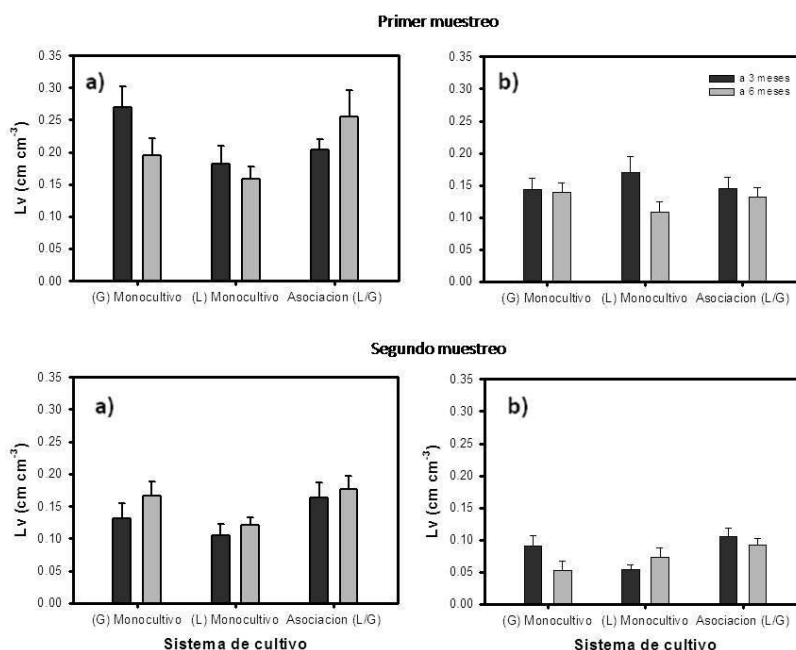


Figura 1. Longitud de raíces finas por volumen de suelo ( $L_v$ ), a 10 cm (a) y, a un metro de distancia de la base del tallo (b) en un banco de forraje de especies leñosas, podados a intervalos de 3 y 6 meses. G: *Guazuma* monocultivo; L: *Leucaena* monocultivo y L/G: asociación de *Leucaena* y *Guazuma*. Se presenta la media de los diferentes tratamientos ± error estándar.

Algunos estudios mencionan que la poda incrementa la  $L_v$ . Por ejemplo, Van Noordwijk *et al.* (1991) reportan que la poda de la biomasa foliar de *Peltophorum dasyrachis* causó un aumento en el número de raíces finas. Esto es confirmado para otras especies como *Paraserianthes falcataria*, *G. sepium*, *Cassia siamea* y *Calliandra calothyrsus* (Van Noordwijk y Purnomosidhi, 1995).

Asimismo, Jones *et al.* (1998) estudiaron el efecto de la poda de la copa de árboles *Prospis juliflora* asociados con sorgo (*Sorghum bicolor*), y encontraron que la poda incrementó la  $L_v$ , lo cual fue relacionado con el bajo contenido de agua del suelo en las parcelas,

ya que el árbol incrementó su densidad de raíces finas posiblemente para aumentar su capacidad de absorción.

En el presente estudio, el agua no fue una limitante, ya que se empleaban riegos cada segundo día. Debido a lo anterior, es posible que las plantas no hayan manifestado cambios significativos en el componente radical.

Schroth (1999) indica que, el crecimiento de una especie vegetal resulta del equilibrio entre el componente aéreo y componente radical (raíz-vástago). Este equilibrio está en función de la biomasa

aérea y su componente fotosintético, y de la biomasa radical y su capacidad de adquirir nutrimentos del suelo. En este sentido, las plantas evaluadas poseen gran habilidad de competitiva, como reportan otros estudios (Tamayo, 2004; Casanova, 2005). Además, el incremento o disminución de la Lv es el resultado de los niveles de las reservas de la planta (i.e. carbohidratos), los cuales intervienen en la recuperación de las mismas y en el incremento de su biomasa radical.

En estudios realizados con especies tropicales (Chesney *et al.*, 2001), como *Erythrina poeppigiana*, la Lv varió de 0.2 a 0.5 cm cm<sup>-3</sup> en profundidades de suelo de 0 a 60 cm, dichos valores concuerdan con lo encontrado en el presente estudio. Por otro lado, se reportan densidades menores de 0.5 cm cm<sup>-3</sup> para especies de bosque tropical seco en México (Huante *et al.*, 1992).

En contraste, Peter y Lehmann (2000), señalan que la poda disminuye significativamente la Lv en barreras vivas de *Acacia saligna*, a diferentes distancias y profundidades de muestreo. Estos autores observaron que, la tasa de asimilación de la planta se reduce debido que está influenciada por el sistema radical. Otro estudio sugiere que la poda de la biomasa foliar de árboles de *A. saligna* podría ser efectiva en sistemas asociados con *S. bicolor*, ya que reduce la competencia radical por recursos del suelo (Lehmann *et al.*, 1998). En este sentido, las podas reducen la capacidad de exploración y, por ende, la capacidad para absorber recursos del suelo (i.e. agua y nutrimentos), resultando en un depresión de la habilidad competitiva de la planta. Hasta cierto punto, la poda parece ser una estrategia para reducir la competencia entre plantas asociadas. Sin embargo, algunos estudios en SAF reportan que esta práctica podría ser riesgosa, ya que al reducir la habilidad competitiva de la planta se podría influir negativamente sobre la adquisición de elementos necesarios para su crecimiento (e.g. nitrógeno, fósforo y manganeso) (Kadiata *et al.*, 1998; Lehmann *et al.*, 1998; Peter y Lehmann, 2000).

Lv está relacionada con la habilidad de la planta para obtener los recursos del suelo (Escamilla, 1999), lo cual podría ser un indicador de la capacidad de absorción (Comerford, 1999). Por tanto, cuando se poda, la planta sufre un estrés en el que tiene que reasignar recursos, principalmente carbono en la parte aérea y subterránea; sin embargo, la respuesta está influenciada también por su ambiente (Jones *et al.*, 1998).

Por otro lado, el patrón de distribución vertical de las raíces en el suelo tienen un papel importante en el éxito de los SAF (Schroth, 1995). Las especies de árboles con abundantes raíces superficiales no serían los idóneos en sistemas donde los árboles y los

cultivos crecen simultáneamente sobre la misma unidad de suelo pues generarían competencia de raíces.

Aunque en este estudio no se estimaron los incrementos en la profundidad de las raíces debido a las dificultades de muestreo por el grado pedregosidad del suelo, reportes en la literatura muestran que las plantas evaluadas tienden a desplazarse a estratos más profundos (alta plasticidad) en presencia de otras especies. Tal es el caso de *L. leucocephala*, la cual presenta incrementos en el número de raíces por superficie de suelo a medida que se incrementa la profundidad (10 a 50 cm); ello como respuesta a la presencia de una gramínea asociada (Casanova *et al.*, 2004). Del mismo modo, se menciona que, *L. leucocephala* posee mayor Lv a 30 cm de profundidad en un sistema asociado con *P. maximum* (Cervantes, 2004).

### **Peso de raíces finas por volumen de suelo (mg cm<sup>-3</sup>)**

El peso de raíces finas por volumen de suelo (Pv), a 10 y 100 cm de la base del tallo, no fue afectada ( $P > 0.05$ ) por la poda ni por el sistema de cultivo; tampoco hubo interacción entre ambos factores; los valores que se encontraron oscilan entre 0.83 a 0.35 mg cm<sup>-3</sup> a 10 cm, y entre 0.34 a 0.22 mg cm<sup>-3</sup> a 100 cm de distancia de la base del tallo (Figura 2). El promedio de la Pv fue de 0.54 mg cm<sup>-3</sup> a 10 cm del tallo, y de 0.26 mg cm<sup>-3</sup> a un metro de distancia, independientemente del sistema de cultivo.

En estudios realizados por Tamayo (2004), con cinco leñosas perennes de 8 meses de edad (*Zapoteca formosa*, *G. ulmifolia*, *Albizia lebbeck*, *L. leucocephala* y *Piscidia piscipula*) en condiciones controladas, se reporta que, la Pv osciló entre 0.007 a 0.445 mg cm<sup>-3</sup>, de las cuales *L. leucocephala* fue la especie con mayor Pv, seguida de *G. ulmifolia*, *A. lebbeck*, *Z. formosa* y *P. piscipula*. En el caso del presente estudio, se observó, en el primer muestreo, la misma tendencia, es decir *L. leucocephala* fue la especie con mayor Pv, tanto a 10 como a 100 cm del tallo, registrándose 0.83 y 0.34 mg cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Estos valores son mayores a los reportados, lo cual pudiera ser debido a las condiciones en que se desarrolló el cultivo. En el caso del presente estudio, las plantas crecieron en condiciones de campo mientras que los otros estudios (Tamayo, 2004) fueron realizados en condiciones de invernadero.

Por su parte, Delgado (2005) observó que en la asociación de *L. leucocephala* y *P. maximum* se incrementó el volumen de suelo explorado (mayor Pv), comparado con el monocultivo de *P. maximum* (menor peso de raíces finas por volumen de suelo). En la época seca, la distribución de raíces de la leguminosa

alcanzó mayor profundidad de 30-60 y 60-90 cm, debido posiblemente a la presencia de las raíces del pasto, o en la búsqueda de recursos para su crecimiento, evitando la competencia con la gramínea.

La habilidad competitiva de *L. leucocephala* ya ha sido mencionada con anterioridad; sin embargo, esta habilidad podría ser diferente cuando se encuentra asociada con otra especie arbustiva, tal es el caso de *G. ulmifolia*, la cual es competitiva, ya que tuvo un

sistema radical semejante a *L. leucocephala*. Asimismo, la asignación de recursos al sistema radical (raíces finas y gruesas) de las dos especies osciló de 32-34 % de la biomasa total (Tamayo, 2004). En este sentido, la competencia tanto aérea como subterránea entre las dos arbustivas podría ser más fuerte por los recursos limitantes (luz, agua y nutrientes), comparada con otras especies con patrones de crecimiento diferente.

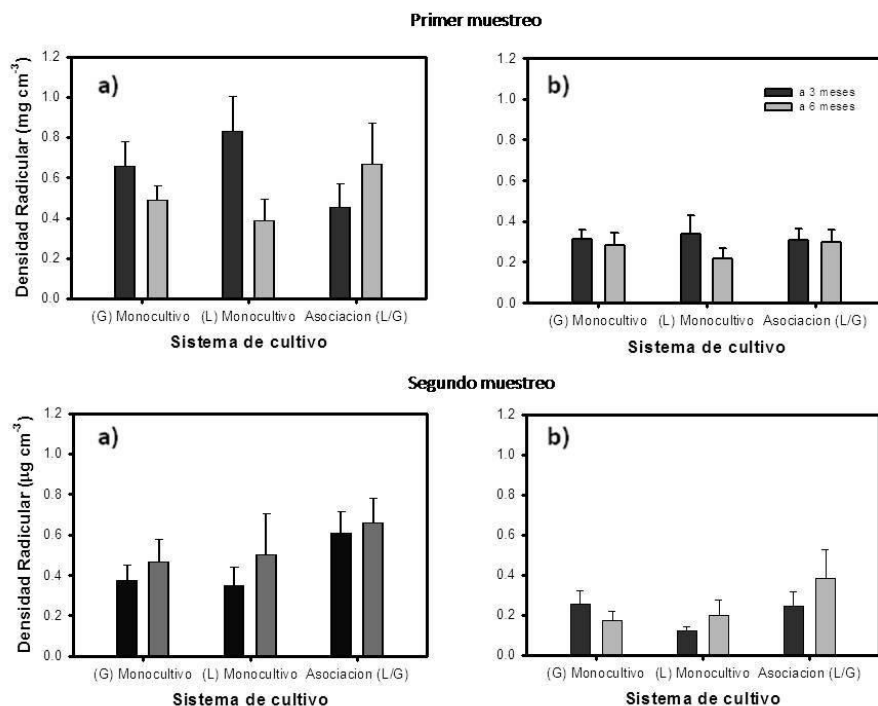


Figura 2. Peso de raíces finas por volumen de suelo ( $L_v$ ), a 10 cm (a) y, a un metro de distancia de la base del tallo (b) en un banco de forraje de especies leñosas, podados a intervalos de 3 y 6 meses. G: *Guazuma* monocultivo; L: *Leucaena* monocultivo y L/G: asociación de *Leucaena* y *Guazuma*. Se presenta la media de los diferentes tratamientos  $\pm$  error estándar.

### CONCLUSIONES

El intervalo de poda a tres meses incremento el rendimiento de forraje, especialmente en el sistema asociado. Asimismo, la relación hoja:tallo fue hasta 3 veces mayor cuando las plantas fueron podadas a intervalos de 3 meses, en comparación con aquellas que fueron podadas a seis meses del periodo experimental. Con relación a la densidad radical (en longitud y peso de raíces finas por volumen de suelo), no se observaron cambios significativos con la aplicación de podas a diferentes intervalos (3 o 6 meses). Se concluye que la poda a intervalos cortos (tres meses) es una estrategia de manejo para promover incrementos en el rendimiento y la

proporción de hoja de la biomasa foliar. Sin embargo, el efecto de la poda sobre la densidad radical fue limitado en las condiciones del presente estudio.

### AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada para los estudios de maestría en la Universidad Autónoma de Yucatán. Al M. en C. Jesús Arturo Caamal Maldonado y a los revisores anónimos por sus comentarios en la versión previa de este documento.

## REFERENCIAS

- Bidwell, R. G. S. 1990. Fisiología vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. 784 p.
- Camacaro, S., Baute, N. y Machado, W. 2003. Efecto de la poda y el pastoreo sobre la producción de biomasa de *Gliricidia sepium*. Zootecnia Tropical. 21(4):399-412.
- Casanova, L. F. 2005. Interacción espacial y temporal de raíces de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Panicum maximum* (Jacq.) en presencia de nutrimentos bajo condiciones controladas. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán, México. 59 p.
- Casanova, L. F., Guzmán, A.A., Quintal, T.F., Escobedo, M. J., Ramírez A. L. y Escamilla, B. J. A. 2004. Distribución espacial y temporal de raíces de *L. leucocephala* y *P. maximum* con fertilización química bajo condiciones controladas. XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yucatán, México. p.194.
- Cervantes, I. V. 2004. Efecto de la poda sobre el desarrollo radicular de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en la región sur del estado de Yucatán. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Tesis de licenciatura. Conkal, Yucatán, México. 47p.
- Chesney, P. E., Scholönvoigt, A., Kass, D., Vlek, P. y Murach, D. 2001. Respuestas de las raíces finas y la acumulación de nitrógeno en el follaje de *Erythrina poeppigiana* después de podas parciales o completas. Agroforestería en las Américas. 8(30): 48-51.
- Comerford, N. B. 1999. Mecanismos de captación de nutrientes en ecosistemas forestales: de cómo interpretar la fertilidad en el contexto de la conservación de recursos genéticos. In: Orellana, R.; Escamilla, B.J.A. y Larqué, S.A. (eds.). Ecofisiología Vegetal y Conservación de los Recursos Genéticos. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp.121-123.
- Delgado, G. H. 2005. Rendimiento de Forraje, densidad radicular y relaciones suelo-agua de *P. maximum* Jacq., solo y asociado con diferentes densidades de *L. leucocephala* Lam. Universidad Autónoma de Yucatán. Tesis de Doctorado. Yucatán, México. 198 p.
- del-Val, E. and Crawley, M. J. 2004. Interspecific competition and tolerance to defoliation in four grassland species. Canadian Journal of Botany. 82: 871-877.
- Escamilla, B.J.A. 1999. Estudios de Suelos y de Ecosistemas Vegetales. In: Orellana, R.; Escamilla, B.J.A. y Larqué, S.A. (eds.). Ecofisiología Vegetal y Conservación de los Recursos Genéticos. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp.121-123.
- Escamilla, B.J.A., Comerford, N.B. and Neary, D.G. 1991. Soil core-break method to estimate pine root distribution. Soil Science Society American Journal. 55: 1722-1726.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. México, D.F.
- García, H. Nygren, P., Desfontaines, L. 2001. Dynamics nonstructural carbohydrates and biomass yield in a fodder legume tree at different harvest intensities. Tree Physiology. 21: 523-531.
- Harmand, J.M., Forkong, N.C., Bernhard-Reversat, F. and Puig, H. 2004. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. Forest Ecology and Management. 188: 249-265.
- Huante, P., Rincon, E. and Gavito, M. 1992. Root system analysis of seedlings of seven tree species from a tropical dry forest in Mexico. Trees. 6:77-82.
- Jones, M., Sinclair, F.L. and Grime, V.L. 1998. Effect of tree species and crown pruning on root length and soil water content in semi-arid agroforestry. Plant and Soil. 201: 197-207.
- Kadiata, B .D., Mulongoy, K. and Isirimah, N. O. 1998. Effect of tree pruning and pruning application to trees on nitrogen fixation by *Leucaena* and *Gliricidia*. Agroforestry Systems. 39: 117-128.
- Latt, C.R., Nair, P. K. R. and Kang, B. T. 2000. Interaction among cutting frequency, reserve carbohydrates, and post-cutting biomass production in *Gliricidia sepium*, and *Leucaena leucocephala*. Agroforestry Systems. 50: 27-46.
- Lehmann, J., Peter, I., Steglich, C., Gebauer, G., Huwe, B. and Zech, W. 1998. Below-ground



- interactions in dryland forestry. *Forest Ecology and Management*. 111: 157-169.
- Lizárraga, S. H., Solorio, S. F. J. y Sandoval, C. C. A. 2001. Evaluación agronómica de especies arbóreas para la producción de forraje en la Península de Yucatán. *Livestock Research for Rural Development*. 13 (6) 1-10.
- Matthews, R., van Noordwijk, M., Gijsman, A.J. and Cadisch, G. 2004. Models of below-ground interactions: their validity, applicability and beneficiaries. In: van Noordwijk, M., Cadisch, G. and Ong, C.K. (eds.). *Below-ground interactions in tropical agroecosystems concepts and models with multiple plant components*. CAB International. pp. 41-60.
- Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Horticultural Reviews*. 8: 337-378.
- Peter, I. and Lehmann, J. 2000. Pruning effects on root distribution and nutrient dynamics in an acacia hedgerow planting in northern Kenya. *Agroforestry Systems*. 50: 59–75.
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1998. *Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica*. 258 p.
- Sánchez, P. A. 1995. Science in Agroforestry. *Agroforestry Systems*. 30: 5-55.
- Schroth, G., Lehmann, J., Rodriguez, M.R.L., Barros, E. and Macedo, J.L.V. 2001. Plant-soil interactions in multistate agroforestry in the humid tropics. *Agroforestry Systems*. 53: 85-102.
- Schroth, G. 1999. A review of belowground interactions in agroforestry, focussing on mechanisms and management options. *Agroforestry Systems*. 43: 5-34.
- Schroth, G. 1995. Tree root characteristics as criteria for the species selection and systems design in agroforestry. *Agroforestry Systems*. 30:125-143.
- Simón, L. 1997. 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).
- Solorio, S. F. J. 2005. Soil fertility and nutrient cycling in pure and mixed fodder bank systems using leguminous and non/leguminous shrubs. Tesis de Doctorado. Institute of Atmospheric and Environment Science. Edinburgh, Scotland. 200 p.
- Sosa, R. E.; Pérez, R. D.; Ortega, R. y Zapata, B. G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México*. 42: 129-144.
- Tamayo, M.J. 2004. Características radicales de cinco especies leñosas con potencial forrajero. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán, México. 58 p.
- Tamayo, M.J., Casanova, L.F., Guzmán, A.A., Quintal, T.F., Ramírez, A.L. y Escamilla, B.J.A. 2004. Descripción del componente radical de cinco especies leñosas como indicadores del potencial de establecimiento. XXXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Versión electrónica en disco compacto. León, Guanajuato, México.
- Van Noordwijk, M. and Purnomosidhi, P. 1995. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. *Agroforestry Systems*. 30: 161-173.
- Van Noordwijk, M., Hairiah, K., Syekhfani, M.S. and Flach, E.N. 1991. *Peltophorum pterocarpa* (Dc.) Back (Caesalpinaceae), a tree with a root distribution for alley cropping on acid soils in the humid tropics. In: Mc Michel, B.L. and Persson, H. (eds.) *Plant roots and their environments*. Amsterdam, Netherlands. pp. 526-532.

*Submitted November 23, 2008 – Accepted August 28, 2009  
Revised received February 27, 2010*