

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFEECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE  
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE DE *Morus*  
*multicaulis* Y *Morus alba***

**CRISTIAN JAVIER MOSCOSO JARA**

**SANTIAGO, CHILE**

**2007**

# UNIVERSIDAD DE CHILE

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

### ESCUELA DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE  
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE DE *Morus*  
*multicaulis* Y *Morus alba*

Memoria para optar al título profesional  
de Ingeniero Agrónomo  
Mención: Producción Animal

CRISTIAN JAVIER MOSCOSO JARA

	Calificaciones
PROFESOR GUÍA	
Sr. Hector Manterola B. Ingeniero Agrónomo Ms. Sc.	7,0
PROFESORES CONSEJEROS	
Srta. Dina Cerda A. Químico Laboratorista	7,0
Sr. Alfredo Olivares E. Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.	7,0

SANTIAGO, CHILE

2007

A mis padres,  
mi hermano,  
y mi polola.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer especialmente a mis padres, Pedro y Betzabé, por su comprensión e incondicional apoyo en este largo proceso de aprendizaje, a mi hermano Felipe, con el que llevamos una excelente relación, y a mis primas Alejandra y Javiera. Así también, quisiera agradecerle a la Paula, por su incondicional apoyo y amor.

A mi profesor guía Héctor Manterola, quien me dio su confianza y consejos para realizar esta memoria.

A los profesores Dina Cerda, Alfredo Olivares y Alberto Mansilla, por los consejos y enseñanzas, y por ayudarme en la revisión de la memoria.

A la Profesora Susana Muñoz, por sus consejos y alegría.

A los funcionarios, especialmente Juanito, quien siempre me daba una mano cuando estaba en la parcela, a Raquel, que siempre me acompañaba en el laboratorio, como también a Sitsi, Hernán y Joaquín.

A los ganchos y ganchas de la generación `99, especialmente a Claudia, Carola, Mónica, Lucho, Rafa, Fabo, compadre Miranda, Vicho, José, Alvin, Mauro, compadre Roger, Pipo, Koke, Andrés, Nacha, Pancho, Ricardo, y a mis amigos de mención, especialmente Luis y Celier.

A la Escuela de Agronomía, de la UNIVERSIDAD DE CHILE.

## ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes generales	3
Factores que afectan la producción de forraje	4
Efectos sobre el valor nutritivo	5
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Lugar de estudio	7
Materiales	7
Instrumentos de laboratorio	7
Métodos	8
Duración del estudio	8
Diseño del estudio	8
Tratamientos experimentales	9
Análisis químico	10
Diseño experimental y análisis estadístico	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Ensayo 1. Efecto de la densidad de plantación y la frecuencia de corte sobre la producción de MS y calidad nutritiva de la especie <i>Morus multicaulis</i>	12
Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de MS de hojas y tallos	12
Producción de hojas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	12
Producción de tallos (kg MS ha <sup>-1</sup> )	13
Efecto de la densidad de plantación sobre el valor nutritivo de hojas y tallos	14
PB (%) en hojas y tallos	14
FDN (%) en hojas y tallos	15
DAPMS (%) en hojas y tallos	16
ED (Mcal kg <sup>-1</sup> ) en hojas y tallos	17
Cenizas (%) en hojas y tallos	17
Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de hojas y tallos	18
Producción de hojas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	18
Producción de tallos (kg MS ha <sup>-1</sup> )	19
Efecto de la frecuencia de corte sobre el valor nutritivo de hojas y tallos	19
PB (%) en hojas y tallos	19
FDN (%) en hojas y tallos	20
DAPMS (%) en hojas y tallos	22
ED (Mcal kg <sup>-1</sup> ) en hojas y tallos	23
Cenizas (%) en hojas y tallos	24

Interacción entre la densidad de plantación y la frecuencia de corte	25
Interacción sobre el porcentaje de FDN en tallos	25
Ensayo 2. Efecto de la frecuencia de corte y dos especies de morera ( <i>Morus multicaulis</i> y <i>Morus alba</i> ) sobre la producción de MS y calidad nutritiva	25
Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de hojas y tallos	25
Producción de hojas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	25
Producción de tallos (kg MS ha <sup>-1</sup> )	26
Efecto de la frecuencia de corte sobre el valor nutritivo de hojas y tallos	27
PB (%) en hojas y tallos	27
FDN (%) en hojas y tallos	28
DAPMS (%) en hojas y tallos	29
ED (Mcal kg <sup>-1</sup> ) en hojas y tallos	30
Cenizas (%) en hojas y tallos	31
Efecto de la especie sobre la producción de MS de hojas y tallos	32
Producción de hojas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	32
Producción de tallos (kg MS ha <sup>-1</sup> )	33
Efecto de la especie sobre el valor nutritivo de hojas y tallos	34
PB (%) en hojas y tallos	34
FDN (%) en hojas y tallos	35
DAPMS (%) en hojas y tallos	36
ED (Mcal kg <sup>-1</sup> ) en hojas y tallos	37
Cenizas (%) en hojas y tallos	38
Interacción entre la especie y la frecuencia de corte	38
Interacción sobre la producción de hojas y tallos	38
Interacción sobre el porcentaje de PB en tallos	39
Interacción sobre el porcentaje de FDN en tallos	40
CONCLUSIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

## RESUMEN

La presente investigación, tuvo por objetivo evaluar el efecto de la densidad de plantación y la frecuencia de corte sobre la producción de forraje y valor nutritivo en dos especies de morera (*Morus multicaulis* y *Morus alba*). El estudio se llevó a cabo en el módulo experimental del departamento de Producción Animal, ubicado en el Campus Antumapu.

Este estudio se compuso de dos ensayos, en el primero de ellos se evaluó el comportamiento de la especie *Morus multicaulis*, establecida en tres densidades de plantación: una densidad alta (DA) de 50 x 50 cm, una densidad media (DM) de 75 x 75 cm y una densidad baja (DB) de 100 x 100 cm. En el segundo ensayo, se utilizaron las especies *Morus multicaulis* y *Morus alba* sólo en la DB. En cada una de las densidades de plantación, se realizaron dos frecuencias de corte: cada 60 y 120 días, utilizándose una altura de corte de 30 cm sobre el nivel del suelo. En hojas y tallos tiernos, se evaluó la producción de materia seca (MS), tanto por hectárea como por planta, y el valor nutritivo, en función de la proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad aparente de la materia seca (DAPMS), energía digestible (ED) y cenizas.

En la especie *Morus multicaulis*, la mayor producción de hojas se obtuvo en la DA con la frecuencia de corte de 60 días (5.163 kg MS ha<sup>-1</sup>), mientras que la menor producción se obtuvo en la DB con la menor frecuencia de corte (1.982 kg MS ha<sup>-1</sup>). Al disminuir la densidad de plantación, se produjo un incremento en la producción de hojas planta<sup>-1</sup>, obteniéndose 129, 176 y 232 g MS pta<sup>-1</sup> para la DA, DM y DB respectivamente, en la mayor frecuencia de corte. Con respecto al valor nutritivo de las hojas, se obtuvieron valores máximos de 26,41 %, 20,18 %, 91,43 %, 3,72 Mcal kg<sup>-1</sup> y 15,30 % para PB, FDN, DAPMS, ED y cenizas respectivamente.

En el segundo ensayo, la especie *Morus alba* presentó la mayor producción de hojas en la menor frecuencia de corte (2.308 kg MS ha<sup>-1</sup>), mientras que *Morus multicaulis* lo fue en la mayor frecuencia de corte (2.320 kg MS ha<sup>-1</sup>). Las hojas de *Morus alba*, presentaron valores máximos de 27,08 %, 20,20 %, 89,60 %, 3,60 Mcal kg<sup>-1</sup> y 17,47 % de PB, FDN, DAPMS, ED y cenizas respectivamente.

Se concluye que al aumentar la densidad de plantación y la frecuencia de corte en *Morus multicaulis*, y que al disminuir la frecuencia de corte en *Morus alba*, se aumenta la producción de MS ha<sup>-1</sup>, mientras que el valor nutritivo se incrementa a mayores frecuencias de corte, con excepción de la FDN de los tallos y las cenizas de las hojas en la especie *Morus alba*.

**Palabras clave:** morera, valor nutritivo, defoliación, pared celular, producción.

## SUMMARY

### **Effects of stand density and cutting frequency on yield and nutritive value of *Morus multicaulis* and *Morus alba* forage**

In order to evaluate the effects of density stand and cutting frequency on forage yield and nutritive value of two species of mulberry (*Morus multicaulis* and *Morus alba*), two studies were conducted at the Animal Science Department, Antumapu Campus.

In the first study, it was evaluated the performance of *Morus multicaulis* established in three stand densities: high density (HD) 50 x 50 cm, medium density (MD) 75 x 75 cm and low density (LD) 100 x 100 cm. In the second trial, the two species were compared under one stand density (LD). In each density, two cutting frequencies were used: every 60 and 120 days, and cutting was made at 30 cm from soil. In both, leaves and edible stems, the parameters measured were dry matter (DM) yield, per hectare and per plant, and nutritive value, based on crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), dry matter apparent digestibility (DMAD), digestible energy (DE) and ash.

For *Morus multicaulis*, the highest leaves yield was obtained in the HD and 60 days cutting frequency (5,163 kg DM ha<sup>-1</sup>), while de lowest production was obtained in the LD with the shorter cutting frequency (1,982 kg DM ha<sup>-1</sup>). When stand density was reduced, an increment in leaves yield per plant was obtained (129, 176 and 232 g DM plant<sup>-1</sup> for HD, MD and LD respectively). The maximum obtained values were 26.41 %, 20.18 %, 91.43 %, 3.72 Mcal kg<sup>-1</sup> and 15.30 % for CP, NDF, DMAD, DE and ash respectively.

In the second study, *Morus alba* presented the highest leaves yield at the shorter cutting frequency (2,308 kg DM ha<sup>-1</sup>), while *Morus multicaulis* had the highest leaves yield at the greater cutting frequency (2,320 kg DM ha<sup>-1</sup>). In *Morus alba* leaves, the highest values were 27.08 %, 20.20 %, 89.60 %, 3.60 Mcal kg<sup>-1</sup> and 17.47 % of CP, NDF, DMAD, DE and ash respectively.

It is concluded that highest stand densities and cutting frequencies in *Morus multicaulis*, and the shorter cutting frequencies in *Morus alba*, increase the DM ha<sup>-1</sup> yield, while the nutritive value increase when the cutting frequency is greater, with the exception of NDF of stems and ash of leaves in *Morus alba*.

**Key words:** mulberry, nutritive value, defoliation, cell wall, yield.



# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes generales

La morera (*Morus* spp.), es un árbol originario de la región del Himalaya, que tradicionalmente se usa para la alimentación del gusano de seda (*Bombix mori*) (Benavides, 1995; Sánchez, 2002), la cual ha sido mejorada y seleccionada tanto en calidad, como en producción de hojas (Sánchez, 2000).

Pertenece al orden Urticales, familia *Moraceae*, género *Morus*, con más de 30 especies y 300 variedades (Benavides, 1995; Sánchez, 2000; Martín *et al.*, 2002), se encuentra en zonas tropicales, áreas templadas de Asia y Europa, sur de África y América (Sánchez, 2000), adaptándose a diferentes climas y altitudes (Benavides, 1995; Martín *et al.*, 2002).

Muchos años atrás, Charrel (1847) destacaba las bondades de un árbol tan noble como la morera, haciendo hincapié en el clima y el terreno necesario para su óptima producción. Por otro lado, la hoja, su principal producto, además de servir como alimento del gusano de seda, es un forraje de alta calidad, tan buena o incluso mejor que la alfalfa (Martínez, 1943; Benavides, 1995).

Hace más de 20 años se realizaron los primeros estudios en Costa Rica, Colombia y Cuba para utilizarla como fuente de forraje, ya sea en sistemas agroforestales, soiling (Benavides, 1994 citado por Sánchez, 2002) e incluso como ensilaje (González *et al.*, 1996; Ojeda *et al.*, 2002), observando una alta calidad nutricional y biomasa comestible de este género (*Morus* spp.), y en especial de las especies *Morus alba* y *Morus multicaulis* (Benavides, 1995; Benavides, 1999; Boschini, 2002b).

Estudios preliminares realizados en Chile tanto por Hernández (2003) como por Rojas (2005), destacan su valor nutritivo y buena digestibilidad, especialmente en hojas, dando buenos resultados en producción láctea de cabras (Retamal, 2006) y en ganancia de peso en cabritos (Meneses, 2006).

La morera (*Morus* spp.) se caracteriza por su elevada calidad nutricional y por la capacidad de producir altos niveles de follaje, considerándose una planta de gran potencialidad forrajera en el trópico (Benavides, 1999; Martín *et al.*, 2000a), incluso, dado su alto valor nutritivo, la morera (*Morus* spp.) está siendo utilizada en alimentación humana (Srivastava *et al.*, 2003).

Estudios como suplemento alimenticio de animales han dado buenos resultados en bovinos de leche (Milera *et al.*, 2000; Casanovas *et al.*, 2004), bovinos de engorda (González *et al.*, 1996), como suplemento de cabras en crecimiento (Ezenwa *et al.*, 2000; Bakshi y Wadhwa, 2006), aceptabilidad y ganancia de peso en conejos (Nieves *et al.*, 2004; Bamikole *et al.*,

2005) y como fuente proteica en cerdos (Ly *et al.*, 2001; Phiny *et al.*, 2003), esto debido a una alta digestibilidad de la materia seca (DMS) y de la proteína (Omar *et al.*, 1999).

### **Factores que afectan la producción de forraje**

La producción de materia seca (MS) depende de la localidad, densidad de siembra, altura de corte, aplicación de fertilizantes y técnicas de cosecha entre otros, variando estas en función de la especie y variedad (Sánchez, 2000), así también, la producción dependerá de factores como el microclima, fotoperíodo, humedad y nutrientes en el suelo, radiación solar y temperatura (McCloud y Bula, 1973; Buxton y Fales, 1994; Nelson y Moser, 1994), siendo estos cuatro últimos, los factores principales que influyen en el desarrollo y madurez de las especies forrajeras (Smith, 1973).

Martín *et al.* (2002) condujeron una serie de estudios en Cuba utilizando *Morus alba*, con una densidad de 25.000 plantas ha<sup>-1</sup> y frecuencias de corte de 45 a 90 días (8 y 4 cortes respectivamente), obteniendo diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la producción de biomasa comestible debido a la frecuencia de corte. Con cortes cada 90 días se obtuvo una producción anual de 0,645 kg MS pta<sup>-1</sup>, y para frecuencias de 45 días la producción fue de 0,456 kg MS pta<sup>-1</sup> (lo que equivale a 16 y a 11 t MS ha<sup>-1</sup> respectivamente), mientras que García *et al.* (2000), obtuvo valores de 3,03 y 6,07 t MS ha<sup>-1</sup> para frecuencias de corte de 45 y 90 días respectivamente en la especie *Morus alba*.

Boschini (2002a) en trabajos realizados en Costa Rica con *Morus* spp., obtuvo la mayor producción anual en una frecuencia de 112 días (3 cortes) y plantas cada 0,6 x 0,6 m, con una producción de 40 t MS ha<sup>-1</sup>, mientras que a frecuencias de 56 días (6 cortes) y plantas cada 1,2 x 1,2 m, la producción disminuyó a 10 t MS ha<sup>-1</sup>. Rojas *et al.* (2004) utilizando *Morus multicaulis* concuerdan con la tendencia de los resultados, donde a una altura de corte de 20 cm, una frecuencia de corte de 120 días (un corte) y densidades de plantación que variaron desde 40.000 a 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, obtuvieron producciones de fitomasa de 16 y 3,8 t MS ha<sup>-1</sup> para cada densidad respectivamente, observando efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ) de la densidad de plantación sobre la producción de fitomasa.

Cerda *et al.* (2004) utilizando *Morus multicaulis*, evaluaron densidades de plantación de 1 x 1 m (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>) y de 0,5 x 0,5 m (40.000 plantas ha<sup>-1</sup>), y frecuencias de corte cada 30 y 120 días, indicando que la producción en la frecuencia de corte cada 30 días aumentó desde 0,54 hasta 1,12 t MS ha<sup>-1</sup>, mientras que cada 120 días aumentó desde 2,3 a 5,6 t MS ha<sup>-1</sup> para la densidad baja y alta respectivamente, coincidiendo con lo expresado por Boschini (2002a) y por Bórquez *et al.* (2004), donde la densidad de plantación y la frecuencia de corte influyen en la biomasa producida por superficie, a lo que Rojas *et al.* (2003) concluyeron que a medida que disminuyó la densidad de plantación se incrementó la producción por planta, pero se redujo la producción por superficie.

## Efectos sobre el valor nutritivo

El valor nutritivo de los forrajes no sólo debe considerarse en términos de la composición química de éste, si no que también en función del tipo de manejo que se le realice (Armstrong y Milne, 1993), del consumo, digestibilidad y eficiencia de utilización de los nutrientes ingeridos (Van Soest, 1973; Crampton *et al.*, 1960 citados por Pascual, 1987).

La calidad de los forrajes puede ser definida en función del consumo y la digestibilidad de éstos. El contenido de pared celular generalmente es considerado el factor más importante que afecta la utilización del forraje por parte del animal, debido a que comprende la mayor parte de la MS, correlacionándose con el consumo y la digestibilidad (Paterson *et al.*, 1994), así también, la madurez de la planta es uno de los factores que afecta y determina esta calidad (Nelson y Moser, 1994). Esta disminución de la calidad con la edad, resulta principalmente por el descenso de la proporción hoja:tallo y la disminución de la calidad de este último componente (Minson y Wilson, 1994; Ugherughe, 1986 citado por Nelson y Moser, 1994).

Trabajos realizados en la Universidad de Chile por Cerda *et al.* (2004) utilizando *Morus multicaulis*, demuestran que las concentraciones de proteína bruta (PB) son más altas en hojas que en tallos (Sánchez, 2000; Hernández, 2003; Hernández *et al.*, 2003; Rojas *et al.*, 2003; García, 2004), y también, que la mayor frecuencia de corte determinó un aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) en el contenido de PB de las hojas y tallos, independiente de la densidad. Valores máximos lo presentaron frecuencias de corte cada 30 días y plantas cada 0,5 x 0,5 m, con 28,7 % de PB en las hojas, mientras que el mínimo se encontró en cortes cada 120 días y plantas cada 1 x 1 m, presentando 22,8 % de PB. Martín *et al.* (2002) utilizando *Morus alba*, también indican que la frecuencia de corte afectó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el contenido de PB de las hojas, la que aumentó desde 21,4 a 27,0 %, desde 90 a 45 días. Rojas *et al.* (2004) obtuvieron similar tendencia, pero con un menor porcentaje de PB tanto en hojas como en tallos, no afectándose el contenido de PB por efecto de la densidad de plantación, lo cual coincide con el trabajo realizado por Bórquez *et al.* (2004).

Con respecto a la fibra detergente neutro (FDN), las menores frecuencias de corte producen un aumento de la FDN tanto en las hojas como los tallos, no encontrándose efectos significativos ( $p > 0,05$ ) debido a la densidad de plantación (Cerda *et al.*, 2004). Estos resultados concuerdan con los reportados por Rojas *et al.* (2004), quienes también, obtuvieron diferencias apreciables en el contenido de FDN entre hojas (28,2 %) y tallos (65,6 %). Estudios realizados por Hernández (2003) indican que el contenido de FDN fue superior en los tallos leñosos, alcanzando valores entre 54 y 65 %, mientras que en las hojas, el porcentaje de FDN aumentó de 20 a 37 % a medida que avanzó el crecimiento.

Cerda *et al.* (2004) y Rojas *et al.* (2004) utilizando *Morus multicaulis*, coinciden en que la digestibilidad aparente de la materia seca (DAPMS) de las hojas es muy superior a la de los tallos, y que no se presentaron efectos significativos ( $p > 0,05$ ) por la densidad de plantación ni por la frecuencia de corte en las hojas, mientras que en los tallos, Cerda *et al.* (2004)

encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre frecuencias de corte cada 30 y 120 días (75 y 59 % respectivamente). Cerda *et al.* (2003) utilizando *Morus alba*, afirman que las hojas fueron altamente digestibles, variando desde 90,70 a 79,20 %, mientras que los tallos tiernos alcanzaron digestibilidades entre 66,80 y 57,30 %.

Reportes de Cerda *et al.* (2004), indican que la energía digestible (ED) es superior en las hojas respecto a los tallos, no presentándose efectos significativos ( $p > 0,05$ ) de la densidad de plantación ni la frecuencia de corte. Hernández *et al.* (2003) indican valores de 2,9 a 3,8 Mcal  $\text{kg}^{-1}$  en hojas y de 3,0 Mcal  $\text{kg}^{-1}$  en tallos de *Morus multicaulis*.

El porcentaje de cenizas no se vio afectado por la densidad de plantación, pero si por la frecuencia de corte (Rojas *et al.*, 2003), obteniendo 14,4 y 18,9 % con frecuencias de corte cada 30 y 120 días respectivamente, mientras que ocurre lo inverso con los tallos (11,3 a 8,5 % de 30 a 120 días), presentando estos últimos, menores porcentajes de cenizas con respecto a las hojas (Rojas *et al.*, 2003; Cerda *et al.*, 2004; Rojas *et al.*, 2004). Sánchez (2000) señala valores de 17 %, mientras que Hernández (2003) indica valores de 21 y 7 % para hojas y tallos respectivamente en la especie *Morus alba*.

En Chile se han encontrado diferentes especies del género *Morus*, predominando las especies *Morus alba* y *Morus multicaulis*, no existiendo mucha información respecto a estas especies como fuente de forraje, donde Cerda *et al.* (2004) y Rojas (2005) han realizado los principales estudios, específicamente en *Morus multicaulis*. Por ello se hace necesario cuantificar los efectos de distintos factores que puedan afectar su crecimiento, producción y/o valor nutritivo, para así obtener un forraje de máxima calidad.

En función de esto, la hipótesis planteada fue:

La especie, densidad de plantación y frecuencia de corte, afectan en distintos grados la producción de forraje y la calidad nutricional de la fitomasa del género *Morus* spp.

Para validar esta hipótesis se plantearon los siguientes objetivos:

- Cuantificar los efectos de diferentes densidades de plantación y frecuencias de corte en la especie *Morus multicaulis*, sobre la producción de forraje y su composición nutritiva.
- Cuantificar los efectos de diferentes frecuencias de corte en la especie *Morus alba*, sobre la producción de forraje y su composición nutritiva.
- Comparar el efecto de dos especies del género *Morus* sobre la producción de forraje y su composición nutritiva, en una misma densidad de plantación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar del estudio**

El estudio se realizó en el módulo experimental ubicado en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, situado en la Región Metropolitana, a 33° 40' latitud sur, 70° 38' longitud oeste y 605 m.s.n.m. El suelo es de origen aluvial, y pertenece a la serie Santiago, de textura franco arenosa, profundidad efectiva que varía desde 30 a 73 cm y pendiente suave de 0-2 % (Comisión Nacional de Riego, 1981). Este lugar presenta un clima Templado Mesotermal Estenotérmico Mediterráneo Semiárido, caracterizándose por temperaturas medias que varían desde una máxima en enero de 28,2 °C y una mínima en el mes de julio de 4,4 °C, con un periodo libre de heladas de 281 días, un promedio de 10 heladas año<sup>-1</sup>, 419 mm de precipitación y un periodo seco de 8 meses anuales (Santibáñez y Uribe, 1990).

### **Materiales**

Se utilizaron 2 especies de morera, *Morus multicaulis* y *Morus alba*, ambas establecidas en el año 2002. Las especies presentaron un crecimiento acumulado desde el inicio de la brotación, realizándose el 21 de octubre del año 2004 un corte homogenizador a una altura de 30 cm sobre el nivel del suelo, para obtener una línea base uniforme.

Se contó con 224 plantas de *Morus multicaulis*, distribuidas en 3 densidades de plantación y 4 hileras por cada densidad, y 110 plantas de *Morus alba* distribuidas en una sola densidad y en 11 hileras.

Las plantas se fertilizaron después de cada corte. Los fertilizantes que se utilizaron fueron Superfosfato Triple, Nitrato de Amonio Cálcico Magnésico y Cloruro de Potasio, en proporciones de 40 %, 40 % y 20 % respectivamente. La dosis utilizada fue de 25 g pta<sup>-1</sup>.

Los elementos de corte utilizados fueron tijera podadora y serrucho.

### **Instrumentos de laboratorio**

Balanza de precisión analítica: con un máximo de pesada de 100 g en 0,1 mg.

Balanza de precisión digital: con un máximo de pesada de 5000 g en 1 g.

Molino de laboratorio: para el molido del material, con tamiz de 1 mm.

Estufa deshidratadora con aire forzado: la cual se utilizó para determinar la materia seca (MS) parcial y conservar las muestras para los análisis.

Digestor Microkjeldahl y destilador Kjeldahl: se usaron en la determinación de proteína bruta (PB).

Determinador de fibra: equipo en el cual se realizó la determinación de fibra detergente neutro (FDN).

Estufa para incubación: se usó en la determinación de la digestibilidad enzimática de la materia seca (DENZMS), como predictor de la digestibilidad aparente de la materia seca (DAPMS).

Calorímetro de bomba balística: equipo en que se midió la energía bruta (EB) de las muestras.

Mufla y crisoles de porcelana: para la determinación de cenizas.

## **Métodos**

### **Duración del estudio**

Los ensayos tuvieron en total una duración de 120 días, a partir del 21 de octubre (fecha en que se realizó un corte homogenizador) hasta el 18 de febrero del año siguiente.

### **Diseño del estudio**

El estudio se compuso de dos ensayos:

En el ensayo 1, se trabajó con *Morus multicaulis* en 3 densidades de plantación: densidad alta (DA) de 0,5 x 0,5 m (40.000 plantas ha<sup>-1</sup>), densidad media (DM) de 0,75 x 0,75 m (17.777 plantas ha<sup>-1</sup>) y densidad baja (DB), que corresponde a 1 x 1 m (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>), y en cada densidad de plantación se utilizaron dos frecuencias de corte, cada 60 y 120 días.

Se dispuso de 224 plantas de la especie *Morus multicaulis*. La parcela de DA contó con 92 plantas, la de DM 72 plantas, mientras que la de DB contó con 60 plantas. Cada densidad presentó 4 hileras, de las cuales sólo se ocuparon las dos hileras centrales de cada densidad de plantación, excluidas las plantas de los bordes, donde una hilera central tuvo frecuencias de corte cada 60 días, mientras que la otra tuvo una frecuencia cada 120 días. El número de plantas utilizadas por hilera fue de 20, 15 y 13 para la DA, DM y DB respectivamente, por lo tanto, el número total de plantas utilizadas para la DA correspondió a 40, 30 para la DM y 26 para la DB.

En el ensayo 2, se trabajó con *Morus alba* y *Morus multicaulis* en una sola densidad de plantación (DB) y dos frecuencias de corte: cada 60 y 120 días. Se utilizaron 20 plantas de la especie *Morus alba* (10 plantas para cada frecuencia de corte) y 26 plantas de *Morus multicaulis* (13 plantas para cada frecuencia de corte).

Se realizaron dos cortes cada 60 días y uno cada 120 días, en las siguientes fechas:

- 21 de octubre (corte homogenizador).
- 20 de diciembre (1<sup>er</sup> corte de 60 días).
- 18 de febrero (2<sup>do</sup> corte de 60 días y 1<sup>er</sup> corte de 120 días).

En las plantas de cada ensayo se separaron hojas y tallos tiernos, eliminando los tallos lignificados, y se midieron los siguientes parámetros en cada uno de ellos: producción de materia seca (MS), tanto por hectárea como por planta, y valor nutritivo (VN), en función de la PB, FDN, DAPMS, ED y cenizas.

Para la determinación de MS cada planta conformó una repetición, mientras que para las mediciones de VN se utilizaron muestras compuestas con 5 repeticiones (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Número de repeticiones para MS y VN en función de la frecuencia de corte, especie y densidad de plantación.

Determinaciones	Frecuencia de corte (días)			
	60		120	
	MS	VN	MS	VN
<u>Ensayos</u>				
<i>M. multicaulis</i>				
DA	20	5	20	5
DM	15	5	15	5
DB	13	5	13	5
<i>M. alba</i>				
DB	10	5	10	5

Las plantas fueron regadas permanentemente y la altura de corte para todos los ensayos fue de 30 cm sobre el nivel del suelo.

### Tratamientos experimentales

En la especie *Morus multicaulis* se estudió 3 densidades de plantación y dos frecuencias de corte, obteniéndose 6 tratamientos:

Tratamiento 1 (T1): DA, frecuencia de corte cada 60 días.  
Tratamiento 2 (T2): DM, frecuencia de corte cada 60 días.  
Tratamiento 3 (T3): DB, frecuencia de corte cada 60 días.  
Tratamiento 4 (T4): DA, frecuencia de corte cada 120 días.  
Tratamiento 5 (T5): DM, frecuencia de corte cada 120 días.  
Tratamiento 6 (T6): DB, frecuencia de corte cada 120 días.

Mientras que en la especie *Morus alba* se estudió la DB con 2 frecuencias de corte:

Tratamiento 1 (T7): DB, frecuencia de corte cada 60 días.  
Tratamiento 2 (T8): DB, frecuencia de corte cada 120 días.

Para la comparación entre ambas especies y frecuencias de corte se establecieron cuatro tratamientos:

Tratamiento 1 (T7): *Morus alba*, frecuencia de corte cada 60 días.  
Tratamiento 2 (T3): *Morus multicaulis*, frecuencia de corte cada 60 días.  
Tratamiento 3 (T8): *Morus alba*, frecuencia de corte cada 120 días.  
Tratamiento 4 (T6): *Morus multicaulis*, frecuencia de corte cada 120 días.

### **Análisis químico**

La determinación de MS parcial se realizó en estufa deshidratadora con aire forzado. El secado se efectuó a una temperatura de 70 °C según lo propuesto Harris (1970).

Todas las determinaciones del VN se realizaron en muestras secas y molidas a 1 mm (A.O.A.C., 1990).

Para la determinación de la PB se utilizó un digestor Microkjeldahl, el cual destruye la materia orgánica de las muestras, y un destilador Kjeldahl, el cual cuantifica el contenido de nitrógeno. La cantidad de PB se obtuvo por cálculo al multiplicar la cantidad de N por el factor 6,25 (A.O.A.C., 1990).

La FDN se determinó por medio de la utilización de detergentes que separan la pared celular (FDN) del contenido celular, según el método propuesto por Goering y Van Soest (1970).

La DAPMS se obtuvo en función de la ecuación propuesta por Cerda *et al.* (1987), calculándose en base a la DENZMS, la cual se obtiene por la acción de la enzima celulasa sobre la muestra.

La EB se determinó por medio de un calorímetro de bomba balística, siguiendo las indicaciones del manual del equipo, donde la obtención de EB se debe a una combustión



brusca de la muestra en presencia de oxígeno. Para el cálculo de la energía digestible (ED) se usó la fórmula  $ED = EB \times DAPMS/100$  (N.R.C., 1984).

Las cenizas se determinaron por calcinación de la muestra a temperatura de 600 °C en una mufla, hasta la obtención de cenizas blancas y/o peso constante (A.O.A.C.,1990).

Todos los resultados de las determinaciones del VN, están ponderados en base a MS total, la cual se obtuvo al secar la muestra en estufa a 105 °C, hasta peso constante (A.O.A.C., 1990).

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental para los ensayos correspondió a un diseño factorial con distinto número de repeticiones, donde:

para el ensayo 1, se utilizó un factorial 3 x 2, mientras que para el ensayo 2 se utilizó un diseño factorial 2 x 2.

Donde los modelos matemáticos utilizados fueron los siguientes:

Ensayo 1:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + F_j + (DF)_{ij} + E_{ijk}, \text{ donde:}$$

$Y_{ijk}$ : variable dependiente.

$\mu$ : promedio.

$D_i$ : efecto de la densidad, con  $i$ : 1, 2, 3.

$F_j$ : efecto de la frecuencia de corte, con  $j$ : 1, 2.

$(DF)_{ij}$ : interacción densidad – frecuencia.

$E_{ijk}$ : error experimental, siendo  $k$  el número de repeticiones.

Ensayo 2:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + F_j + (SF)_{ij} + E_{ijk}, \text{ donde:}$$

$Y_{ijk}$ : variable dependiente.

$\mu$ : promedio.

$S_i$ : efecto de la especie, con  $i$ : 1, 2.

$F_j$ : efecto de la frecuencia de corte, con  $j$ : 1, 2.

$(SF)_{ij}$ : interacción especie – frecuencia.

$E_{ijk}$ : error experimental, siendo  $k$  el número de repeticiones.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza factorial, donde se utilizó el programa MINITAB 13, según el modelo propuesto para cada uno de los ensayos. Cuando se detectaron diferencias entre tratamientos, se hicieron comparaciones múltiples mediante la prueba de SNK.

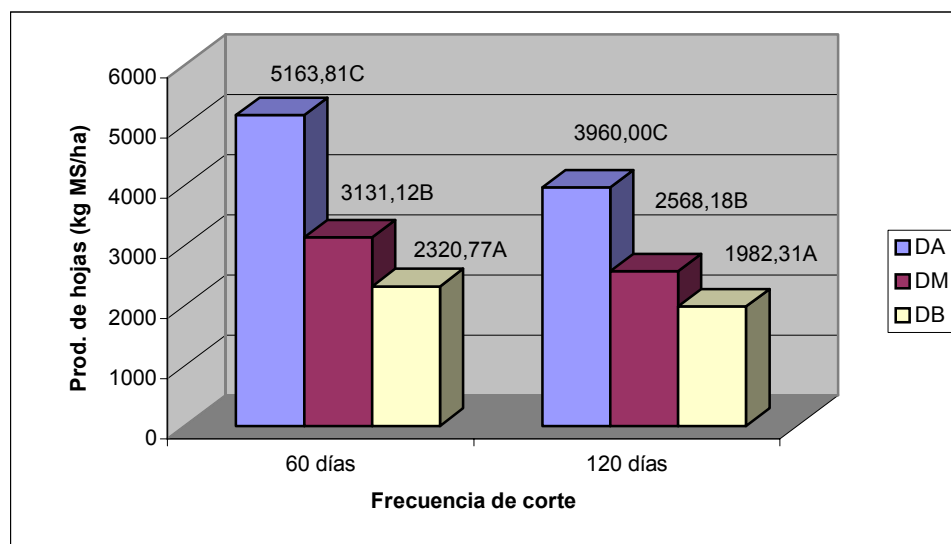
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayo 1. Efecto de la densidad de plantación y la frecuencia de corte sobre la producción de MS y calidad nutritiva de la especie *Morus multicaulis*

#### Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de MS de hojas y tallos

**Producción de hojas (kg MS ha<sup>-1</sup>).** La producción de MS de las hojas fue afectada significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la densidad de plantación, independiente de la frecuencia de corte. La DA produjo 39,36 % más que la DM y 55,05 % más que la DB, mientras que la producción de la DM fue 25,88 % mayor que la DB en la frecuencia de corte cada 60 días. Por otra parte, en la frecuencia de corte de 120 días, la DA produjo 35,14 % más que la DM y 49,94 % más que la DB, mientras que esta última produjo 29,55 % menos que la DM (Figura 1). La menor producción de MS a menores densidades de plantación, se debería principalmente a la baja cantidad de plantas por superficie, donde el menor número de plantas y la menor competencia entre ellas, no sería suficiente como para obtener superiores rendimientos que las mayores densidades de plantación.

Similar tendencia obtuvo Shayo (1997) en *Morus alba*, utilizando densidades de 28.900, 13.530 y 5.150 plantas ha<sup>-1</sup>, y realizando la primera cosecha a los dos años de establecida la plantación, la cual presentó un aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) de la producción a medida que aumentó la densidad de plantación, obteniendo 16,63 t MS ha<sup>-1</sup>, 8,46 t MS ha<sup>-1</sup> y 3,35 t MS ha<sup>-1</sup> respectivamente en cada tratamiento. Una segunda cosecha se realizó 120 días después, en la cual se mantuvo la misma tendencia anterior.

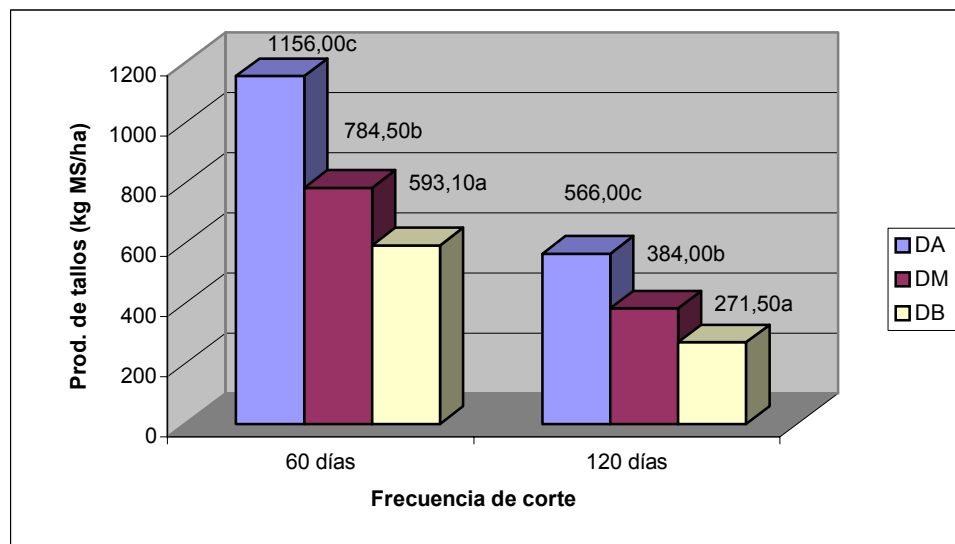


**Figura 1.** Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de hojas (kg MS ha<sup>-1</sup>). Letras diferentes entre densidades dentro de una misma frec. de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La producción de hojas planta<sup>-1</sup> fue mayor en la DB, donde la producción fue de 232,08 g MS planta<sup>-1</sup> en la frecuencia de corte de 60 días, y de 198,23 g MS planta<sup>-1</sup> en la frecuencia de corte de 120 días. Esta producción fue disminuyendo a medida que aumentó la densidad de plantación, presentándose en la DA, un mínimo de 129,10 y 99,00 g MS planta<sup>-1</sup> en las frecuencias de 60 y 120 días respectivamente. Este aumento de la productividad a medida que disminuyó la densidad de plantación también fue reportado por Rojas (2005), quien utilizó la especie *Morus multicaulis*, con las mismas tres densidades de plantación de esta parte del estudio, y frecuencias de corte cada 30, 60 y 90 días, donde la producción en la densidad baja fue respectivamente 22,68 %, 32,68 % y 47,71 % superior a la registrada en la densidad alta.

Esta respuesta sería explicada por la menor competencia por luz, agua y nutrientes entre las plantas al disminuir la densidad de plantación (Chamblee y Collins, 1988; Boschini, 2002a).

**Producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>).** La producción de MS de los tallos se vio afectada significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la densidad de plantación, independiente de la frecuencia de corte utilizada, donde la mayor cantidad de MS se produjo en la DA y en la frecuencia de corte de 60 días, la cual fue 32,13 % superior a lo obtenido en la DM y 48,69 % mayor a lo obtenido en la DB, mientras que en la DM se produjo 24,40 % más que en la DB. En la frecuencia de corte cada 120 días la mayor producción también se obtuvo en la DA, la cual fue 32,15 % mayor que la producción de la DM y 52,03 % mayor que la de DB, y esta última densidad produjo 41,43 % menos que la DM (Figura 2), mientras que Shayo (1997), al utilizar la especie *Morus alba* y plantas cada 0,5 x 0,7 m y 1 x 2 m, obtuvo producciones de 3,54 y 0,71 t MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, a las cuales se les realizó un corte a los 120 días después de realizarles un corte homogenizador.

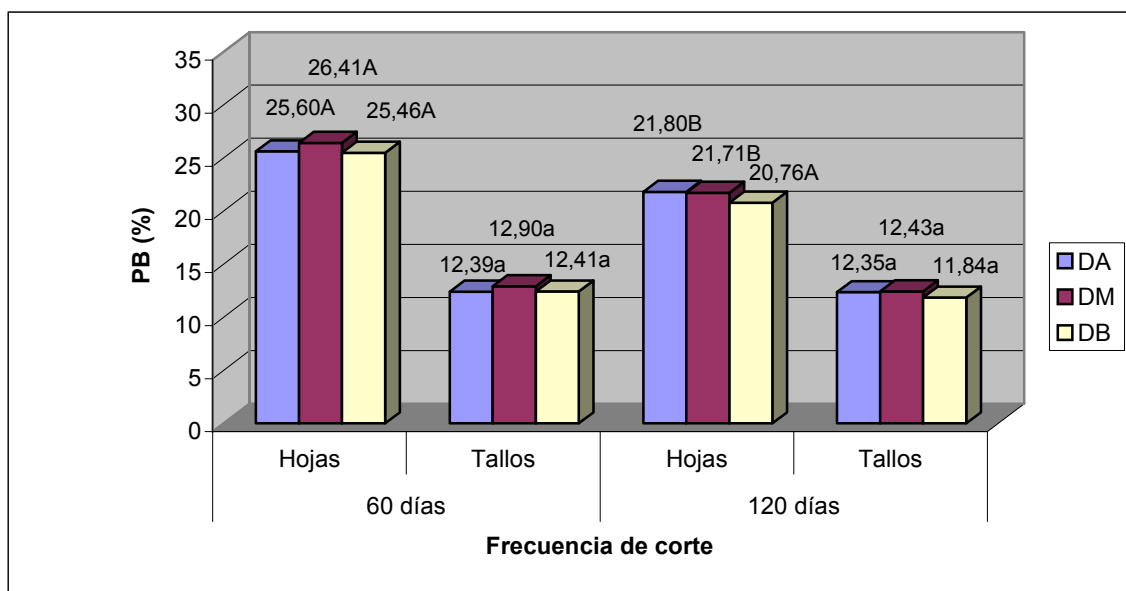


**Figura 2.** Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>). Letras diferentes entre densidades dentro de una misma frec. de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

En ambas frecuencias de corte, la menor producción de tallos planta<sup>-1</sup> se produjo en la DA, con valores de 28,90 y 14,15 g MS planta<sup>-1</sup> para las frecuencias de corte de 60 y 120 días respectivamente, mientras que en la menor densidad de plantación se registraron los mayores valores, los cuales fueron de 59,31 g MS planta<sup>-1</sup> en la frecuencia cada 60 días y 27,15 g MS planta<sup>-1</sup> en la de 120 días. Este comportamiento, al igual que en el caso de las hojas, se explicaría por la menor competencia entre plantas en la densidad más baja, tanto por luz, agua y nutrientes.

### Efecto de la densidad de plantación sobre el valor nutritivo de hojas y tallos

**PB (%) en hojas y tallos.** El porcentaje de PB de las hojas en la mayor frecuencia de corte no se vio afectado significativamente ( $p > 0,05$ ) por la densidad de plantación, presentando un promedio de 25,82 % (Figura 3). Rojas (2005) utilizando la misma frecuencia de corte y densidades de plantación, obtuvo valores de 18,27 %, 20,59 % y 19,90 % de PB para la DA, DM y DB respectivamente, los cuales son en promedio, 31,86 % menor a los registrados en este estudio. Con respecto a la frecuencia de 120 días, la DB presentó un porcentaje de PB significativamente inferior ( $p \leq 0,05$ ) a lo registrado en la DA y DM, las cuales fueron 4,77 y 4,37 % superiores a lo obtenido en la menor densidad de plantación respectivamente (Figura 3).

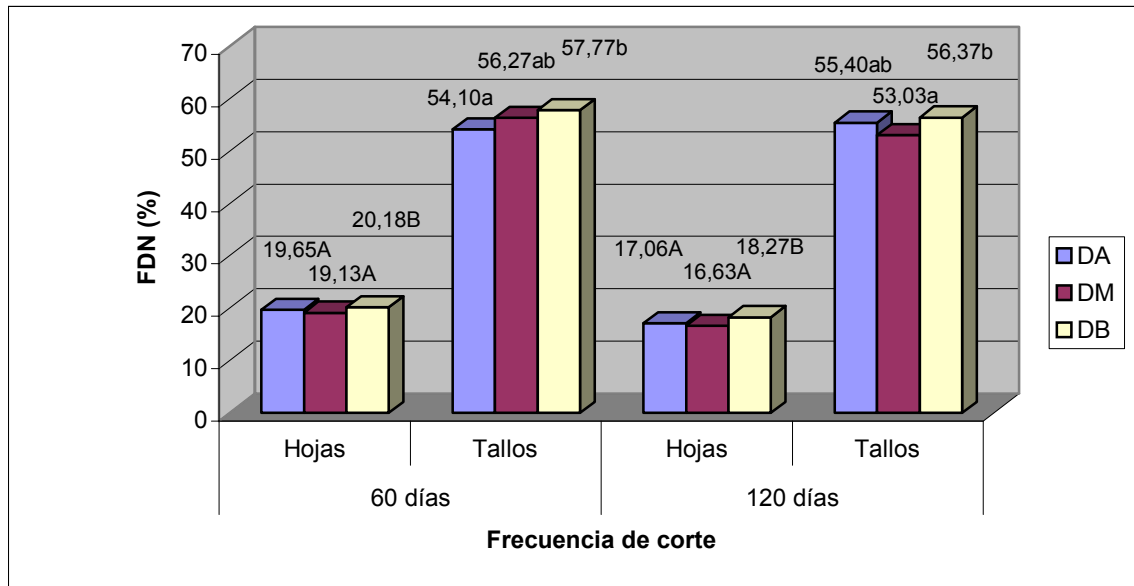


**Figura 3.** Efecto de la densidad de plantación sobre la PB (%) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

El porcentaje de PB en los tallos no fue afectado por la densidad de plantación, presentando un promedio de 12,56 % en la frecuencia de 60 días y de 12,20 % en la de 120 días (Figura 3). Este porcentaje tampoco varió en el estudio de Rojas (2005), quien en la frecuencia de corte cada 30 días obtuvo un valor de 15,33 y 14,25 % para la densidad alta y baja

respectivamente. Similares resultados en alfalfa obtuvieron Bolger y Meyer (1983, citados por Nelson y Moser 1994), quienes concluyeron que a mayores densidades de plantación, los niveles de PB en los tallos no se vieron afectados durante el primer año de producción.

**FDN (%) en hojas y tallos.** En la DB aumentó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el porcentaje de FDN de las hojas en ambas frecuencias de corte, siendo superior en 5,20 y 2,62 % a la DM y DA respectivamente en la frecuencia de corte cada 60 días, y en 8,97 y 6,62 % en la frecuencia cada 120 días (Figura 4). Los menores porcentajes de FDN de las hojas obtenidos con el aumento en la densidad, se deberían al mayor sombreado entre las plantas, lo cual hace disminuir la concentración de la pared celular (Wilson *et al.*, 1982 citados por Buxton y Fales, 1994), debido a una reducción de los productos de la fotosíntesis para el desarrollo de la pared secundaria (Kephart y Buxton, 1993), los cuales según Allard *et al.* (1991) se destinarían principalmente hacia una mayor expansión de las hojas.



**Figura 4.** Efecto de la densidad de plantación sobre la FDN (%) de hojas y tallos.

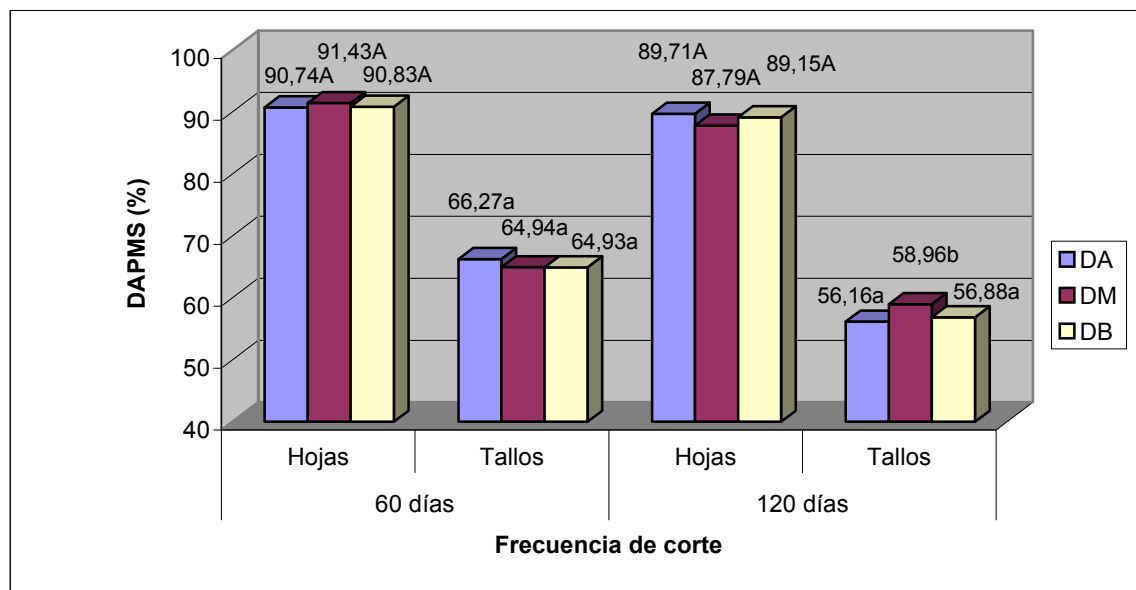
Letras mayúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Letras minúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

El contenido de FDN de los tallos se vio afectado significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la densidad de plantación, observándose en la frecuencia de 60 días un leve aumento del porcentaje de FDN a medida que disminuyó la densidad. El porcentaje obtenido en la DB fue 6,35 % superior al de la DA, ésta a su vez fue 4,01 % inferior a lo reportado por la DM, y esta última presentó 2,66 % de menor contenido de FDN con respecto a la DB. En la frecuencia de corte cada 120 días, la DA tuvo un 4,27 % de mayor porcentaje de FDN que la DM, mientras que esta última fue 6,29 % inferior a lo obtenido en la DB, y a su vez, la DB presentó el mayor porcentaje de FDN, superando al porcentaje obtenido por la DA en 1,72 % (Figura 4), no observándose un efecto claro de la densidad.

Un estudio similar realizó Boschini (2002b) en morera (*Morus spp.*), utilizando plantas cada 0,6 x 0,6 m y 1,20 x 1,20 m, y frecuencias de corte de 56 y 112 días, determinando que a medida que disminuyó la densidad de plantación, el porcentaje de FDN aumentó 2,17 % en la frecuencia de corte de 56 días, mientras que no hubo variación al utilizar la menor frecuencia de corte, obteniendo un valor mínimo de 58,50 % a mayor densidad y mayor frecuencia de corte, y uno máximo de 70,20 % a menor densidad y menor frecuencia de corte.

**DAPMS (%) en hojas y tallos.** No se presentó un efecto significativo ( $p > 0,05$ ) de la densidad de plantación sobre la DAPMS de las hojas en las dos frecuencias de corte utilizadas (Figura 5), obteniéndose un promedio de 91,00 y 88,88 % para las frecuencias de 60 y 120 días respectivamente. Hernández (2003) trabajando con árboles de *M. multicaulis*, obtuvo un porcentaje máximo de DAPMS de 93,00 %, para posteriormente estabilizarse en 85,00 %, a su vez Rojas (2005), utilizando la misma especie y densidades de plantación de esta parte del estudio, obtuvo valores similares a los expuestos anteriormente, con promedios de 89,07 %, 86,60 % y 88,41 % para frecuencias de corte de 30, 60 y 90 días respectivamente.

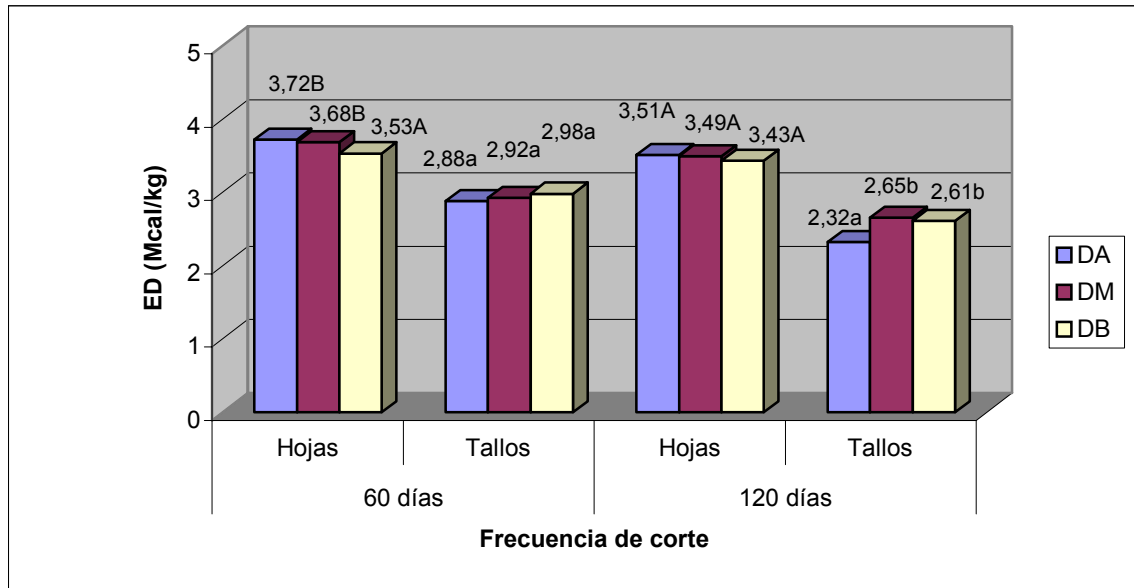


**Figura 5.** Efecto de la densidad de plantación sobre la DAPMS (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
 Letras minúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Con respecto a la DAPMS de los tallos, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre densidades de plantación en la mayor frecuencia de corte (Figura 5), observándose un valor promedio de 65,38 % de DAPMS en las 3 densidades. Para la frecuencia de corte de 120 días, sólo se presentó un valor significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ), el cual se registró en la DM de plantación, siendo 4,74 % superior a lo registrado en la DA y 3,52 % mayor que la de DB (Figura 5).

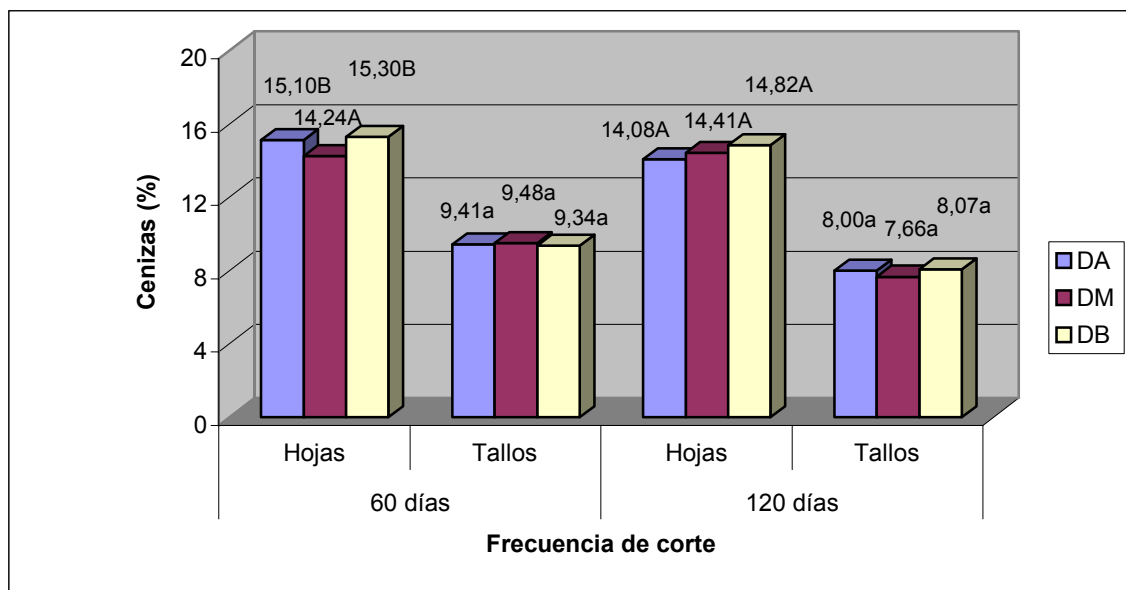
**ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) en hojas y tallos.** Sólo en la frecuencia de 60 días se presentó una disminución significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la ED de las hojas a medida que disminuyó la densidad, donde las hojas de las plantas de la DA presentaron 5,10 % más ED que las de DB, mientras que las de DM presentaron un 4,07 % más de ED con respecto a las de DB (Figura 6). En la frecuencia de corte de 120 días no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre densidades de plantación, promediando 3,47 Mcal kg<sup>-1</sup>. Estas cantidades de energía son similares a las descritas por Schmiddek *et al.* (2002), quienes obtuvieron un promedio de 3,53 Mcal kg<sup>-1</sup> en 3 diferentes variedades de morera (*Morus spp.*).



**Figura 6.** Efecto de la densidad de plantación sobre la ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

En la frecuencia de 60 días, no se observaron diferencias en la ED de los tallos entre las densidades de plantación, presentando un promedio de 2,92 Mcal kg<sup>-1</sup>, mientras que en la frecuencia de 120 días, la DA presentó un valor de ED significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) a los obtenidos en las otras dos densidades, donde el valor de ED obtenido en la DM y DB fue 12,45 y 11,11 % superior a lo registrado en la DA respectivamente (Figura 6).

**Cenizas (%) en hojas y tallos.** En la frecuencia de corte de 60 días, las hojas de la DM presentaron un porcentaje de cenizas significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) a las de las otras densidades de plantación, la cual fue inferior en 6,04 % respecto al contenido de cenizas registrado en la DA y 7,44 % inferior al de DB, por otro lado, en la frecuencia cada 120 días, la densidad de plantación no determinó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en los porcentajes de cenizas de las hojas de *Morus multicaulis*, presentando un promedio de 14,43 % en las tres densidades de plantación (Figura 7), mientras que Ramos *et al.* (2002) al aumentar la densidad de plantación de 10.000 a 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, obtuvieron una disminución del porcentaje de cenizas desde 13,2 a 12,1 % en morera (*Morus spp.*).



**Figura 7.** Efecto de la densidad de plantación sobre las Cenizas (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre densidades dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el porcentaje de cenizas de los tallos por efecto de la densidad, obteniéndose un valor promedio de 9,41 % de cenizas en la frecuencia de corte cada 60 días, y un porcentaje de cenizas promedio de 7,91 % en la frecuencia de corte de 120 días (Figura 7). Boschini (2002b), al igual que Cerda *et al.* (2004) y Rojas (2005), no detectaron efectos significativos ( $p > 0,05$ ) de la densidad de plantación sobre el porcentaje de cenizas.

### Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de hojas y tallos

**Producción de hojas ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ).** La frecuencia de corte afectó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) la producción de MS de las hojas en las tres densidades, encontrándose 23,31 %, 17,97 % y 14,58 % de mayor producción para la frecuencia de corte de 60 días en la DA, DM y DB respectivamente (Cuadro 2), lo que se debería a la habilidad de esta especie para regenerar su follaje cuando ha sido cosechado, formándose nuevos tejidos foliares en respuesta a la defoliación, junto con un incremento en la tasa fotosintética de las hojas remanentes, maximizándose la producción de MS (Singh y Makkar, 2002; Mehaffey *et al.*, 2005).

Estos resultados se contradicen a los expuestos por Boschini (2002a), quien utilizó plantas cada 0,6 x 0,6 m y tres frecuencias de corte, determinando que a menores frecuencias de corte, mayor fue la producción obtenida, aumentando desde 11,20 t MS  $\text{ha}^{-1}$  en la frecuencia cada 56 días (6 cortes) a 19,00 t MS  $\text{ha}^{-1}$  en la de 112 días (3 cortes), lo que se debería al debilitamiento sufrido por la planta a medida que se aumentaron las frecuencias de corte sobre ella.



**Cuadro 2.** Producción de hojas (kg MS ha<sup>-1</sup>) de *M. multicaulis* en tres densidades de plantación.

Dens. de plantación	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
Frecuencia de corte						
60 días (2 cortes)	5.163,81 B	22	3.131,12 B	31	2.320,77 B	21
120 días (1 corte)	3.960,00 A	45	2.568,18 A	18	1.982,31 A	23

Letras diferentes entre filas dentro de una misma columna indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

En las tres densidades de plantación, la mayor producción de hojas planta<sup>-1</sup> se observó en la frecuencia de corte cada 60 días, donde se obtuvo valores de 129,10, 176,13 y 232,07 g MS planta<sup>-1</sup> para la DA, DM y DB, mientras que en la frecuencia de corte cada 120 días, los valores fueron de 99,00, 144,46 y 198,23 g MS planta<sup>-1</sup> para la DA, DM y DB respectivamente.

**Producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>).** En el cuadro 3, es posible apreciar que la producción de tallos se vio afectada significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la frecuencia de corte en cada una de las tres densidades de plantación, obteniéndose diferencias de 51,03 %, 51,05 % y 54,22 % para la DA, DM y DB respectivamente, donde en todos los casos, a una mayor frecuencia de corte se presentó la mayor producción de tallos tiernos, mientras que a menores frecuencias de corte, existiría una mayor cantidad de tallos lignificados.

**Cuadro 3.** Producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>) de *M. multicaulis* en tres densidades de plantación.

Dens. de plantación	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
Frecuencia de corte						
60 días (2 cortes)	1.156,00 b	37	784,50 b	40	593,10 b	27
120 días (1 corte)	566,00 a	48	384,00 a	27	271,50 a	39

Letras diferentes entre filas dentro de una misma columna indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

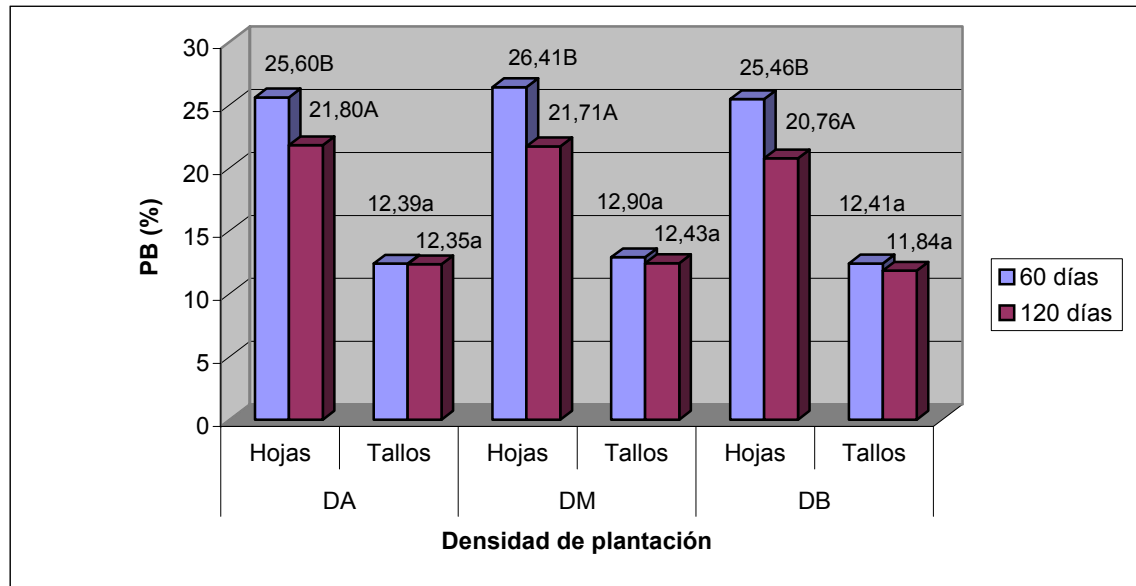
En relación al efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de tallos planta<sup>-1</sup>, en la menor frecuencia de corte se obtuvo una menor producción de tallos tiernos, lo que indicaría una mayor lignificación de los tallos en la planta, donde en la frecuencia de 120 días se obtuvo 14,15, 21,60 y 27,15 g MS planta<sup>-1</sup>, mientras que en la frecuencia de corte cada 60 días los valores fueron de 28,90, 44,13 y 59,31 g MS planta<sup>-1</sup> para la DA, DM y DB respectivamente.

### **Efecto de la frecuencia de corte sobre el valor nutritivo de hojas y tallos**

**PB (%) en hojas y tallos.** El contenido de PB en las hojas se vio afectado significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la frecuencia de corte en cada una de las densidades (Figura 8), presentándose en la mayor frecuencia de corte un mayor porcentaje de PB. El porcentaje de PB para la frecuencia de corte de 60 días fue 14,84 %, 17,80 % y 18,46 % mayor que la registrada en la frecuencia de corte de 120 días, para la DA, DM y DB

respectivamente, lo que según Buxton y Fales (1994), se debería a que la concentración de nitrógeno es mucho más sensible a la sombra que a otros componentes de la calidad.

Similares resultados obtuvieron Cerda *et al.* (2004), quienes trabajando con esta misma especie, las mismas densidades de plantación, y frecuencias de corte de 30 y 120 días, obtuvieron en la mayor frecuencia de corte, 16,80 %, 7,33 % y 12,46 % de mayor porcentaje de PB con respecto a la frecuencia de 120 días. Trabajos realizados por Martín *et al.* (2002) utilizando *M. alba*, indicaron que el contenido de PB aumentó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) desde 21,40 a 27,00 % al incrementar la frecuencia de corte desde 90 a 45 días.



**Figura 8.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la PB (%) de hojas y tallos.

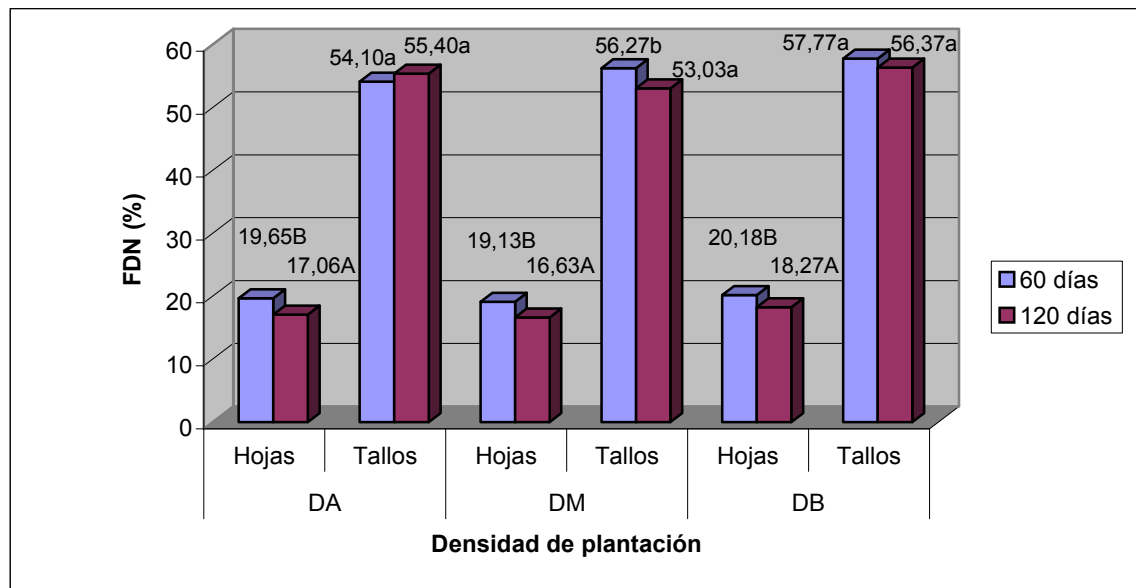
Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La frecuencia de corte no tuvo efectos significativos ( $p > 0,05$ ) en el contenido de PB de los tallos (Figura 8), promediando 12,37 %, 12,66 % y 12,12 % para la DA, DM y DB respectivamente, mientras que en el estudio de Cerda *et al.* (2004), utilizando estas mismas densidades y frecuencias de corte cada 30 y 120 días, se presentó un aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) del contenido de PB de los tallos a medida que aumentó la frecuencia de corte, independiente de la densidad. Estos valores son superiores a los registrados por Martín *et al.* (2002) en Cuba, quienes utilizando la especie *Morus alba* y frecuencias de corte de 45, 60, 75 y 90 días, obtuvieron 11,50 %, 10,80 %, 11,20 % y 8,90 % de PB, donde sólo la menor frecuencia de corte tuvo un porcentaje de PB significativamente inferior ( $p \leq 0,05$ ).

**FDN (%) en hojas y tallos.** La frecuencia de corte afectó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el porcentaje de FDN de las hojas, independiente de la densidad de plantación utilizada, donde la frecuencia de 60 días presentó 13,18 %, 13,06 % y 9,46 % más FDN en comparación con la de 120 días, para la DA, DM y DB respectivamente (Figura 9).

Boschini (2002b) utilizando frecuencias de corte de 56 días (6 cortes), 84 días (4 cortes) y 112 días (3 cortes), observó que a medida que disminuía la frecuencia de corte, también lo hacía el porcentaje de FDN, independiente de la densidad utilizada, obteniendo promedios de 34,31 %, 32,25 % y 30,66 % respectivamente, en cada una de las frecuencias de corte.

Diversos autores indican que a medida que las plantas maduran, se produce un aumento en el porcentaje de FDN, debido principalmente a una disminución en la relación hoja:tallo, y a un descenso en la calidad de éstos (Van Soest y Robertson, 1985; Buxton y Casler, 1993; Nelson y Moser, 1994). En este caso, el menor porcentaje de FDN a menores frecuencias de corte, se podría explicar por el efecto de sombreadamiento que producen las hojas que se localizan en la parte superior, por sobre las que se encuentran bajo ellas, lo cual ejercería un efecto de dilución del contenido de FDN. Wilson (1976a), registró menores porcentajes de FDN en aquellas hojas que se encontraban en la parte inferior de la especie *Panicum maximum* var. *Trichoglume*, con respecto a aquellas que se encontraban en niveles superiores, indicando valores de 32,6 y 63,8 % respectivamente, donde las hojas superiores presentaron una mayor lignificación del esclerénquima, un engrosamiento de la cutícula y un menor tamaño en las células del mesófilo (Wilson, 1976b).

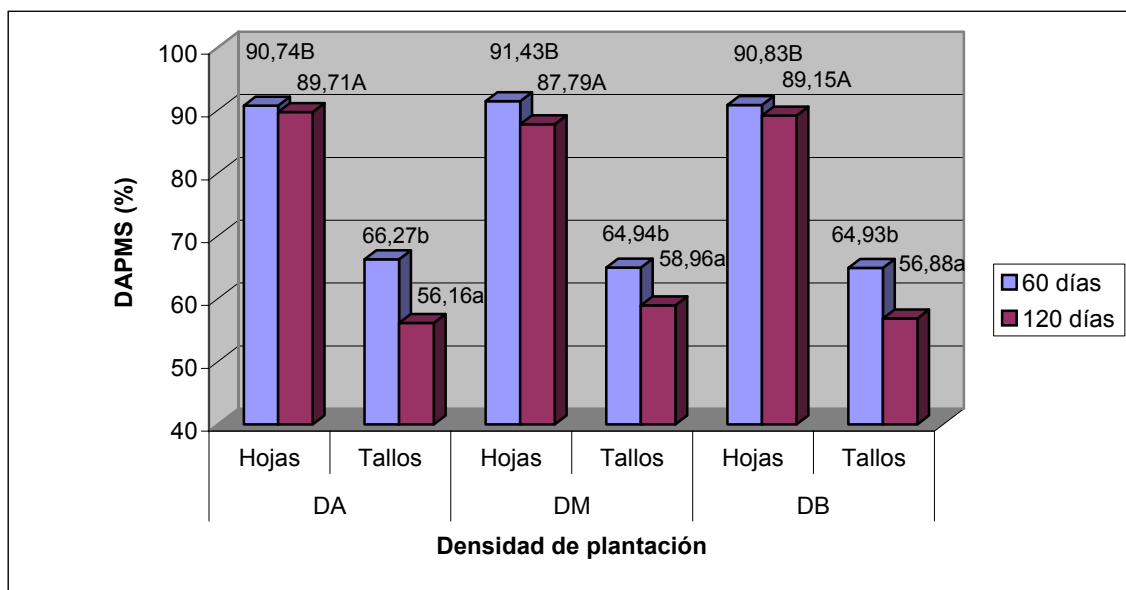


**Figura 9.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la FDN (%) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Con respecto al efecto de la frecuencia de corte sobre la FDN de los tallos, sólo se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la DM de plantación (Figura 9), donde el porcentaje de FDN en la frecuencia de corte de 60 días fue mayor en 5,75 % con respecto a la frecuencia de corte de 120 días. Esta tendencia no concuerda con los estudios de Boschini (2002b), Cerda *et al.* (2004) y Rojas (2005), quienes en sus respectivos ensayos, han concluido que en todas las densidades de plantación utilizadas, se incrementó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el contenido de FDN al utilizar menores frecuencias de corte.

El porcentaje de FDN en los tallos fue mayor a lo registrado en las hojas, lo que se debería principalmente a una mayor concentración de hemicelulosa, celulosa y al aumento en la concentración de lignina en la epidermis, esclerénquima y xilema por parte de los tallos (Bailey, 1973; Albrecht *et al.*, 1987; Akin, 1989).

**DAPMS (%) en hojas y tallos.** La DAPMS de las hojas se vio afectada significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la frecuencia de corte en cada una de las densidades de plantación utilizadas. Las hojas de las plantas que se cortaron en la frecuencia de 60 días tuvieron un mayor porcentaje de DAPMS, los cuales fueron 1,13 %, 3,98 % y 1,85 % superiores a los que se presentaron en la frecuencia de 120 días, para la DA, DM y DB respectivamente (Figura 10), lo cual podría deberse al aumento del sombreadamiento que se produjo en la menor frecuencia de corte, lo que según Wilkinson y Beard (1975), disminuye la proporción de mesófilo e incrementa la proporción de epidermis, la cual es menos digestible.



**Figura 10.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la DAPMS (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

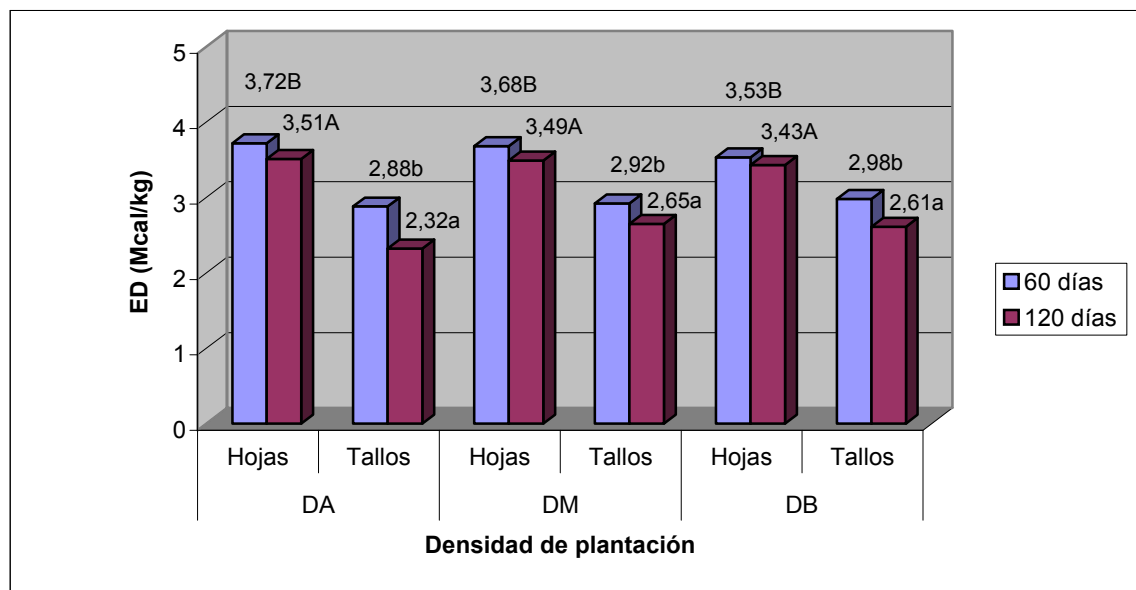
La frecuencia de corte produjo efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ) en la DAPMS de los tallos en cada una de las densidades de plantación, donde la mayor frecuencia de corte presentó la más alta DAPMS, registrándose la mayor diferencia en la DA, donde la frecuencia de corte de 60 días tuvo 15,25 % de mayor DAPMS con respecto a la frecuencia de 120 días, mientras que en la DB esta diferencia fue de 12,39 % y en la DM de 9,20 % (Figura 10), lo que indica que a menores frecuencias de corte, se disminuye la digestibilidad de los tallos. Esto concuerda con Baffi (1992, citado por De Almeida y Canto 2002), quien al aumentar la frecuencia de corte desde 90 a 45 días, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) aumentó desde 39,30 a 52,80 %, debido a la menor madurez de los tallos a medida que se incrementó la frecuencia de corte.

Los tallos presentaron una menor digestibilidad con respecto a la hojas debido principalmente a su anatomía, donde los tallos están compuestos de un xilema lignificado, una alta concentración de haces vasculares y de células del esclerénquima, mientras que las hojas, están compuestas principalmente por delgadas capas de células del mesófilo, las cuales son fácilmente digeridas (Akin, 1989; Nelson y Moser, 1994).

**ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) en hojas y tallos.** La ED de las hojas en la frecuencia cada 60 días fue significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) a la registrada por la frecuencia de 120 días, en cada una de las densidades de plantación. Estas diferencias se incrementaron a medida que aumentó la densidad, donde en la DB, a una mayor frecuencia de corte, la ED fue 2,83 % superior a lo registrado por las hojas de la frecuencia de corte cada 120 días, mientras que para la DM y DA, estos porcentajes correspondieron a 5,16 y 5,64 % (Figura 11).

La menor cantidad de ED en las hojas a menores frecuencias de corte, se debería principalmente, a que las hojas pasan de ser receptoras de fotoasimilados a fuente de éstos (García y Guardiola, 2000).

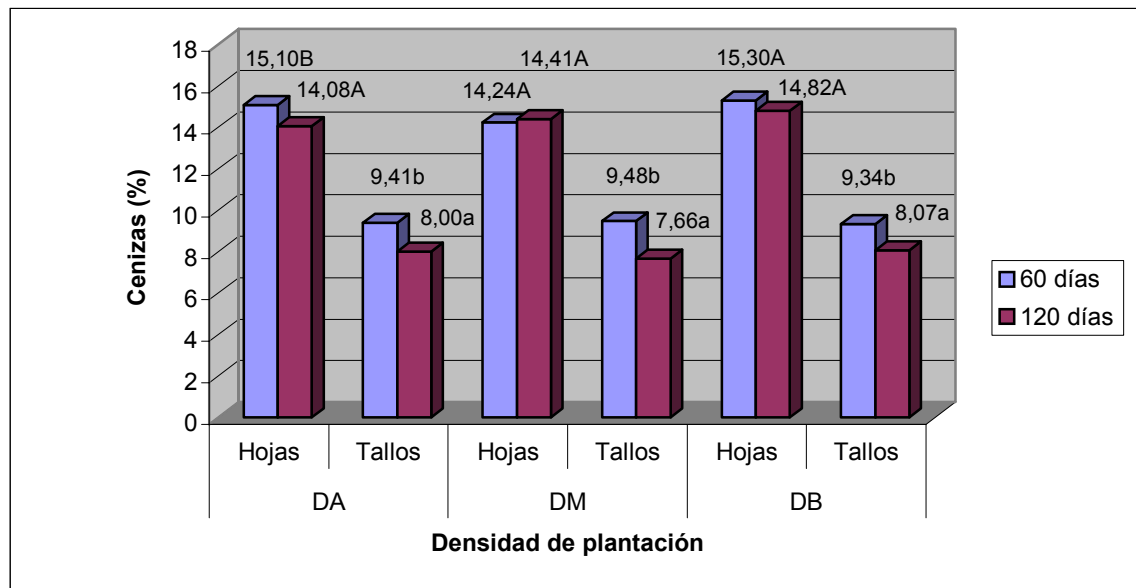
Esta mayor cantidad de energía al aumentar la frecuencia de corte también fue informado por Rojas (2005), quien al utilizar tres frecuencias de corte (30, 60 y 90 días), obtuvo la misma tendencia, con valores de 3,97, 3,91 y 3,78 Mcal kg<sup>-1</sup> para cada frecuencia de corte, mientras que Dorigan *et al.* (2004), obtuvieron un promedio de 3,09 y 2,75 Mcal kg<sup>-1</sup> al utilizar frecuencias de corte de 45 y 90 días respectivamente.



**Figura 11.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La frecuencia de corte produjo un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre la ED de los tallos. En la mayor densidad de plantación, las plantas cortadas con una frecuencia de 60 días tuvieron 19,44 % de mayor cantidad de ED con respecto a aquellas de 120 días, mientras que en la DM y DB, la diferencia fue de 9,24 y 12,41 % respectivamente (Figura 11).

**Cenizas (%) en hojas y tallos.** La frecuencia de corte sólo determinó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el porcentaje de cenizas de las hojas de la DA (Figura 12), donde el porcentaje de cenizas en la frecuencia de 60 días fue 6,75 % mayor a lo registrado por la frecuencia de corte de 120 días, lo cual podría deberse al rápido incremento de minerales que ocurre durante las etapas tempranas de crecimiento (Spears, 1994), mientras que en la DM y DB, se obtuvo un promedio de 14,32 y 15,06 % respectivamente. Cerda *et al.* (2004), utilizando tres densidades de plantación y frecuencias de corte de 30 y 120 días, obtuvieron un aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) del porcentaje de cenizas a medida que disminuyó la frecuencia de corte, obteniendo promedios de 14,43 y 18,10 % respectivamente.

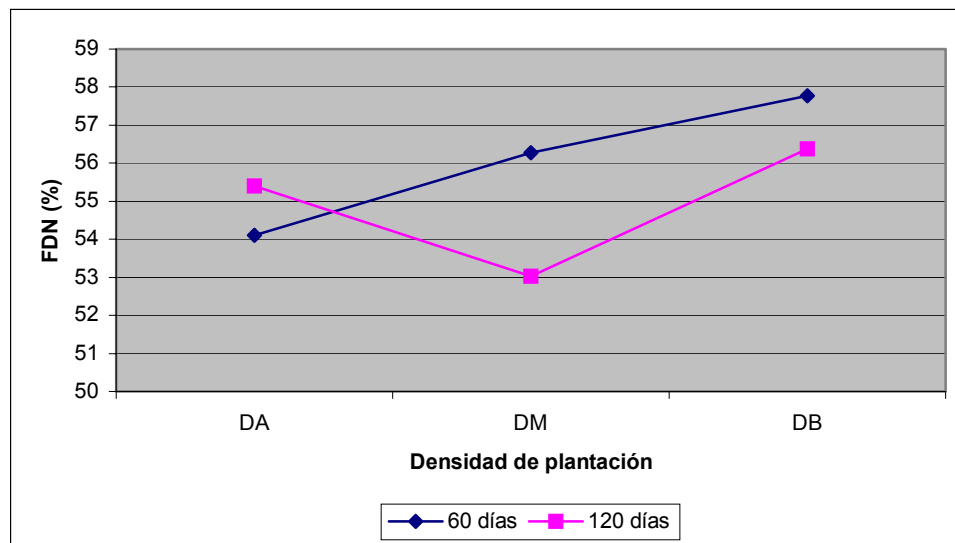


**Figura 12.** Efecto de la frecuencia de corte sobre las Cenizas (%) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma densidad indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La frecuencia de corte tuvo un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) en el contenido de cenizas de los tallos en cada una de las densidades de plantación, obteniéndose la mayor diferencia en la DM, la cual fue 19,19 % a favor de la frecuencia de corte cada 60 días por sobre la de 120 días, en la DA, el porcentaje de cenizas en la mayor frecuencia de corte fue 14,98 % superior a la obtenida en la menor frecuencia de corte, mientras que en la DB, esta diferencia fue de 13,59 % (Figura 12). Esta tendencia concuerda Boschini (2002b), quien al utilizar plantas cada 0,36, 0,81 y 1,44 m<sup>2</sup>, y frecuencias cada 56 y 122 días, el porcentaje de cenizas en la mayor frecuencia de corte fue superior en 44,44 %, 44,11 % y 45,36 % a la de menor frecuencia de corte, para la densidad alta, media y baja respectivamente.

## Interacción entre la densidad de plantación y la frecuencia de corte

**Interacción sobre el porcentaje de FDN en tallos.** Se determinó una interacción entre la densidad de plantación y la frecuencia de corte sobre el porcentaje de FDN. A medida que aumentó la densidad de plantación desde la DA a la DM, se observó una disminución de la FDN en ambas frecuencias de corte, pero al seguir aumentando la densidad, se observó un incremento de la FDN en la frecuencia de 120 días y una disminución en la frecuencia de 60 días (Figura 13), relacionándose con la DAPMS (Figura 5), debido a que responde de manera inversa a la FDN. Por lo tanto, el porcentaje de FDN entre las frecuencias de corte, no se comportó de la misma manera a medida que aumentó la densidad de plantación.



**Figura 13.** Efecto de la interacción densidad de plantación – frecuencia de corte sobre el porcentaje de FDN.

## Ensayo 2. Efecto de la frecuencia de corte y dos especies de morera (*Morus multicaulis* y *Morus alba*) sobre la producción de MS y calidad nutritiva

### Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de hojas y tallos

**Producción de hojas (kg MS ha<sup>-1</sup>).** Al analizar el efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de hojas en las dos especies, *Morus multicaulis* presentó 14,58 % de mayor producción en la frecuencia de corte de 60 días con respecto a la de 120 días, mientras que en *Morus alba* se dio lo contrario (Cuadro 4), donde la producción en la frecuencia de 120 días fue 41,89 % superior a la producción que se obtuvo con la frecuencia de corte de 60 días, diferencia que fue significativa ( $p \leq 0,05$ ). Esta tendencia en *Morus alba* también fue presentada por Shayo (1997) y Martín (2000b), quienes al disminuir la frecuencia de corte, vieron aumentada la producción de hojas.

**Cuadro 4.** Producción de hojas (kg MS ha<sup>-1</sup>) de *M. multicaulis* y *M. alba* en dos frecuencias de corte.

Especie	<i>M. multicaulis</i>	CV (%)	<i>M. alba</i>	CV (%)
Frecuencia de corte				
60 días (2 cortes)	2.320,77 A	21	1.341,00 A	29
120 días (1 corte)	1.982,31 A	23	2.308,00 B	37

Letras diferentes entre filas dentro de una misma columna indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La producción de hojas planta<sup>-1</sup> siguió el mismo patrón que la producción de hojas ha<sup>-1</sup>. En la especie *M. multicaulis*, se obtuvo 232,07 y 198,23 g MS planta<sup>-1</sup> en la frecuencia de corte de 60 y 120 días respectivamente, mientras que en *M. alba* se dio lo contrario, donde la mayor producción se obtuvo en la frecuencia de 120 días (230,80 g MS planta<sup>-1</sup>). Similar tendencia fue descrita en el estudio de García (2004) en la especie *Morus alba*, donde al disminuir la frecuencia de corte desde 45 a 90 días, el rendimiento de hojas aumentó desde 184,3 a 363,7 g MS planta<sup>-1</sup>.

**Producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>).** La frecuencia de corte afectó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) la producción de tallos en las 2 especies (Cuadro 5), mostrándose la mayor diferencia en la especie *M. multicaulis*, donde la producción de tallos en la frecuencia de corte de 60 días fue 54,22 % mayor a la registrada en la de 120 días, mientras que en las hojas, esta diferencia fue de 14,58 % (Cuadro 4). En *M. alba*, la frecuencia de corte de 120 días fue la que produjo la mayor cantidad de MS, siendo ésta 17,51 % mayor que la obtenida en la frecuencia de corte cada 60 días (Cuadro 5), pero en las hojas esta diferencia fue de 41,89 % (Cuadro 4), lo que indicaría una mayor tendencia a la producción de tallos tiernos por parte de la especie *Morus multicaulis* a mayores frecuencias de corte.

La menor producción de tallos tiernos en la frecuencia de 120 días en *Morus multicaulis*, se debería a una mayor lignificación de los tallos, debido a que en las células que conforman el tejido estructural y conductor, se produce un engrosamiento secundario de la pared celular a medida que avanza la madurez (Albrecht *et al.*, 1987; Buxton y Redfearn, 1997).

**Cuadro 5.** Producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>) de *M. multicaulis* y *M. alba* en dos frecuencias de corte.

Especie	<i>M. multicaulis</i>	CV (%)	<i>M. alba</i>	CV (%)
Frecuencia de corte				
60 días (2 cortes)	593,10 b	27	419,00 a	26
120 días (1 corte)	271,50 a	39	508,00 b	54

Letras diferentes entre filas dentro de una misma columna indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La producción de tallos planta<sup>-1</sup> presentó la misma tendencia que la producción de tallos ha<sup>-1</sup>. En *M. multicaulis*, se obtuvo producciones de 59,31 y 27,15 g MS planta<sup>-1</sup> para la mayor y menor frecuencia de corte respectivamente, en la especie *M. alba*, la mayor producción se obtuvo con la menor frecuencia de corte (50,80 g MS planta<sup>-1</sup>), mientras que en la frecuencia de corte cada 60 días la producción fue de 41,90 g MS planta<sup>-1</sup>. *Morus alba*

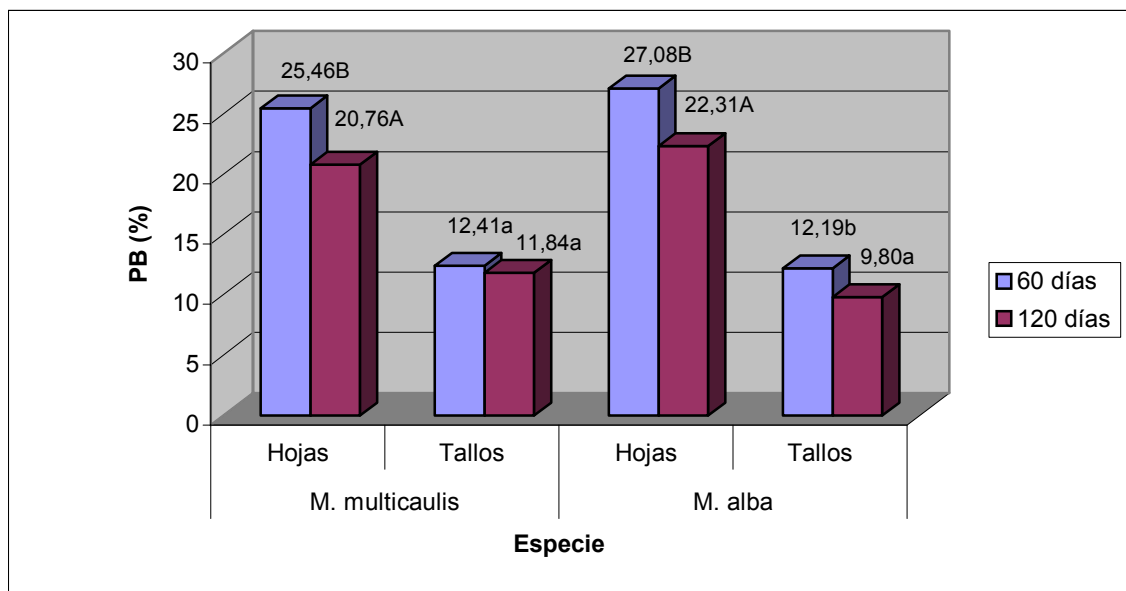


siguió el mismo patrón descrito por Martín *et al.* (2002), donde a medida que disminuyó la frecuencia de 45 a 90 días, la producción aumentó desde 13,20 a 33,20 g MS planta<sup>-1</sup>.

### Efecto de la frecuencia de corte sobre el valor nutritivo de hojas y tallos

**PB (%) en hojas y tallos.** La frecuencia de corte afectó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el porcentaje de PB de las hojas en ambas especies. Los mayores contenidos de PB se encontraron en la frecuencia de 60 días, obteniéndose una diferencia de 18,46 % en *Morus multicaulis* y de 17,61 % en *Morus alba* con respecto a la frecuencia de 120 días (Figura 14). Estudios realizados en Cuba con la especie *Morus alba*, utilizando frecuencias de corte de 45, 60, 75 y 90 días, indicaron una disminución significativa ( $p \leq 0,05$ ) del contenido de PB a medida que disminuyó la frecuencia de corte (Martín *et al.*, 2002), obteniendo valores de 27,00 %, 24,40 %, 23,60 % y 21,40 % respectivamente, los cuales son similares a los del presente estudio. Rojas (2005), trabajando con la especie *Morus multicaulis*, con frecuencias de corte de 30, 60 y 90 días y 3 densidades de plantación, determinó que en la densidad alta, al disminuir la frecuencia de corte, se redujo significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el porcentaje de PB desde 20,83 a 16,26 %, mientras que en la densidad media y en la densidad baja, el porcentaje de PB no se vio afectado.

El menor porcentaje de PB a menores frecuencias de corte se debería principalmente al efecto del sombreadamiento, lo cual hace disminuir la intercepción de luz, produciendo un aumento de la cantidad de hojas senescentes (Lemaire *et al.*, 1991), lo que incide en una disminución de la capacidad fotosintética y del contenido de proteínas (Valpuesta *et al.*, 1993).



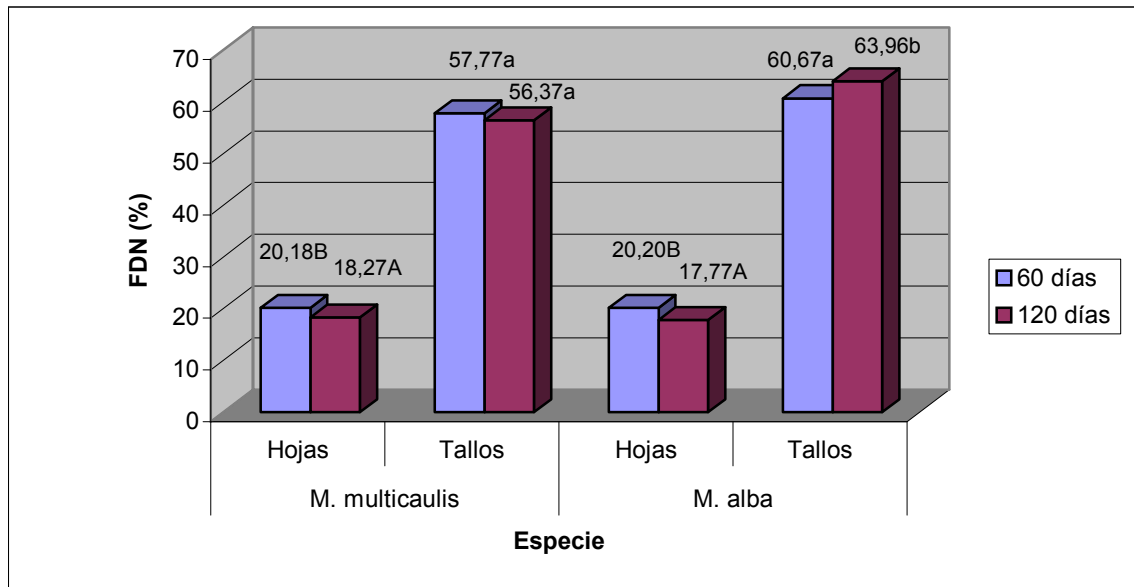
**Figura 14.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la PB (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La frecuencia de corte tuvo un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) en el contenido de PB en los tallos de la especie *Morus alba*, donde la mayor frecuencia de corte superó en 19,60 % al porcentaje de PB que se presentó en la frecuencia de corte de 120 días. En la especie *Morus multicaulis*, no se presentaron efectos significativos ( $p > 0,05$ ) debido a la frecuencia de corte (Figura 14), promediando 12,12 % de PB. Sugohara *et al.* (1994, citados por De Almeida y Canto 2002), analizando tallos de la especie *Morus alba*, obtuvieron porcentajes de PB inferiores a los del presente estudio al utilizar frecuencias de corte cada 45, 60, 75 y 90 días, los cuales fueron de 8,80 %, 7,20 %, 6,40 % y 5,50 % respectivamente.

**FDN (%) en hojas y tallos.** Las hojas de *M. alba* y *M. multicaulis* presentaron una disminución significativa ( $p \leq 0,05$ ) del porcentaje de FDN al reducir la frecuencia de corte de 60 a 120 días (Figura 15), donde el contenido de FDN de las hojas de *Morus multicaulis* en la mayor frecuencia de corte, superó en 9,46 % a la frecuencia de corte de 120 días, mientras que en *Morus alba*, esta diferencia fue de 12,03 %.

El menor porcentaje de FDN en la menor frecuencia de corte, podría explicarse por el mayor sombreado que se produce a bajas frecuencias de corte, lo que según Kephart y Buxton (1993), haría disminuir la concentración de pared celular, debido principalmente a que se reduce la energía disponible necesaria para el desarrollo de la pared secundaria, a su vez, Wilson (1976a), indica que las hojas superiores poseen una mayor concentración de pared celular, lo que se contradice a lo expuesto por Buxton y Hornstein (1986).



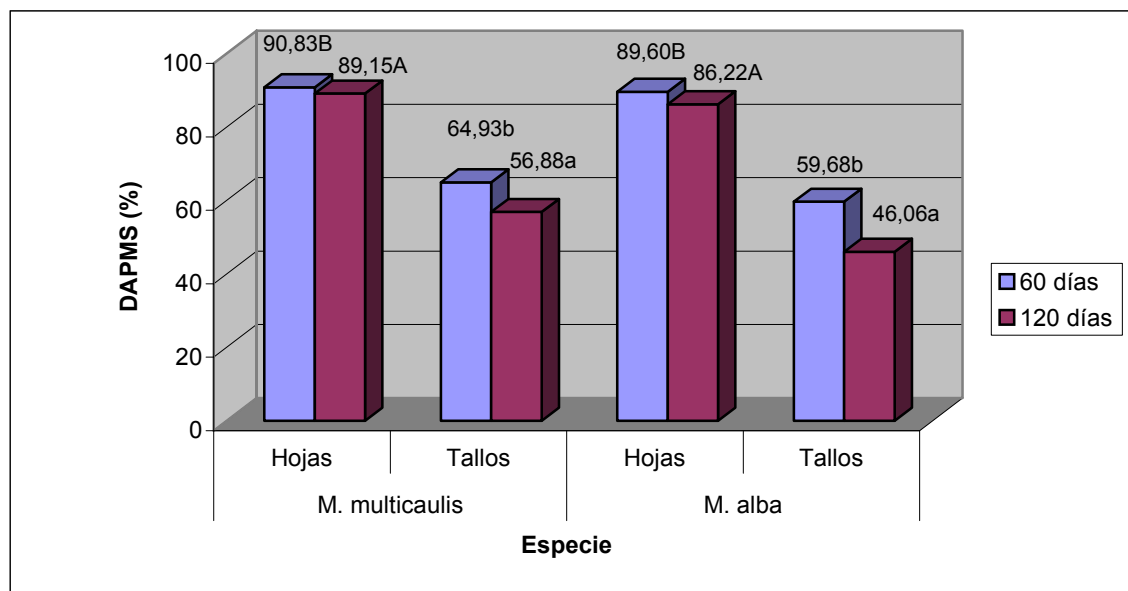
**Figura 15.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la FDN (%) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La frecuencia de corte no afectó el porcentaje de FDN de los tallos en la especie *Morus multicaulis*, observándose una leve disminución del contenido de FDN a medida que

disminuyó la frecuencia de corte, promediando 57,07 % de FDN. En *Morus alba*, la menor frecuencia de corte presentó un incremento significativo ( $p \leq 0,05$ ) en el porcentaje de FDN, donde la FDN de los tallos en la frecuencia de 120 días fue 5,14 % superior a lo obtenido en la frecuencia cada 60 días (Figura 15). Boschini (2002b), obtuvo valores promedio de 59,00 % para una frecuencia de 56 días y de 69,73 % para una frecuencia de corte cada 112 días, lo que equivale a 15,38 % de mayor contenido de FDN a medida que disminuyó la frecuencia de corte.

**DAPMS (%) en hojas y tallos.** En la figura 16 se observa que el porcentaje de DAPMS de las hojas se vio afectado significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la frecuencia de corte, en cada una de las especies utilizadas, donde la mayor DAPMS se produjo en los cortes que se efectuaron cada 60 días, siendo 1,85 y 3,77 % superiores con respecto a la frecuencia de corte de 120 días, para *M. multicaulis* y *M. alba* respectivamente.

Esta disminución también fue expuesta por Baffi (1992, citado por De Almeida y Canto 2002), quien al analizar en cuatro frecuencias de corte la DIVMS de las hojas en la especie *Morus alba*, según el método propuesto por Tilley y Terry (1963), obtuvo una disminución progresiva de ésta a medida que disminuyó la frecuencia de corte, obteniendo valores de 82,70 %, 83,40 %, 80,00 % y 78,90 % para frecuencias de 45, 60, 75 y 90 días respectivamente.



**Figura 16.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la DAPMS (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

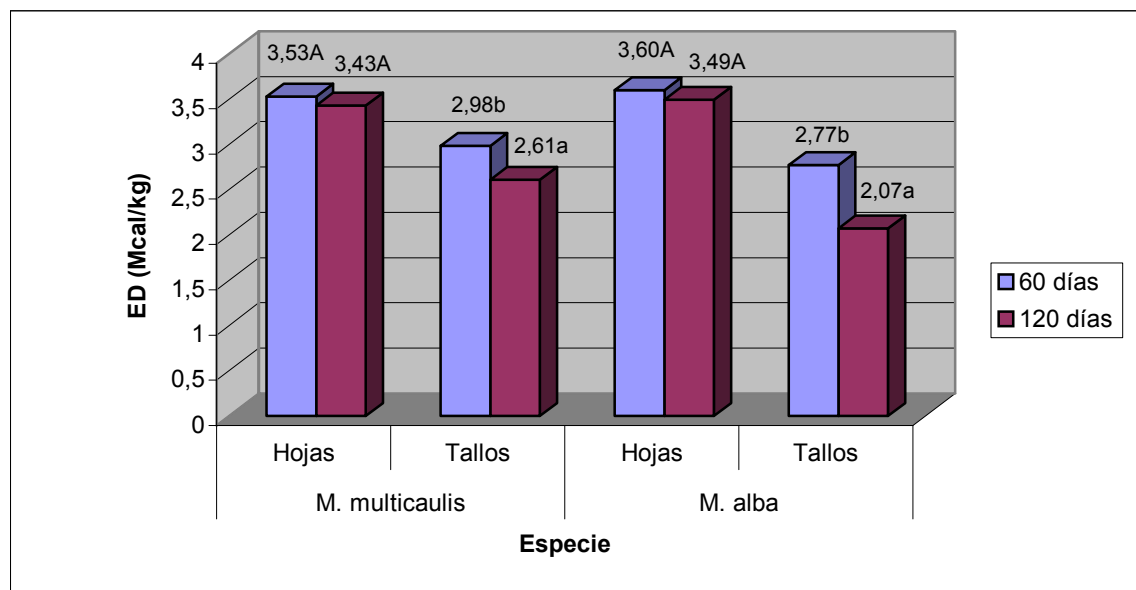
Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

A medida que aumentó la frecuencia de corte se incrementó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) el porcentaje de DAPMS en los tallos de ambas especies. *Morus multicaulis* presentó un aumento de 12,40 %, mientras que en *Morus alba* fue de 22,82 % (Figura 16). Respuestas

similares obtuvieron Baffi (1992, citado por De Almeida y Canto 2002) y García (2004) al evaluar la DIVMS de tallos de morera. El primer autor obtuvo una disminución de 25,56 % al reducir la frecuencia de corte de 45 a 90 días, mientras que el segundo, al aumentar la frecuencia de corte de 90 a 60 días, obtuvo un incremento de la DIVMS, la cual aumentó desde 49,70 a 55,57 %.

La menor DAPMS de los tallos en la especie *Morus alba* al disminuir la frecuencia de corte, se debería principalmente al aumento del porcentaje de FDN (Figura 15), debido a que la fibra es lenta e incompletamente digerida (Buxton y Redfearn, 1997).

**ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) en hojas y tallos.** No hubo efectos significativos ( $p > 0,05$ ) de la frecuencia de corte sobre el contenido de ED en las hojas de cada una de las especies, observándose un descenso en la cantidad de ED a medida que disminuyó la frecuencia de corte, presentando la especie *Morus multicaulis* un promedio de 3,48 Mcal kg<sup>-1</sup>, mientras que *Morus alba*, presentó un promedio de 3,54 Mcal kg<sup>-1</sup> (Figura 17). Al respecto, Dorigan *et al.* (2004) utilizando la especie *Morus alba*, obtuvieron una disminución en los valores de ED, desde 3,11 a 2,70 Mcal kg<sup>-1</sup> a medida que la frecuencia de corte disminuyó desde 45 a 90 días.



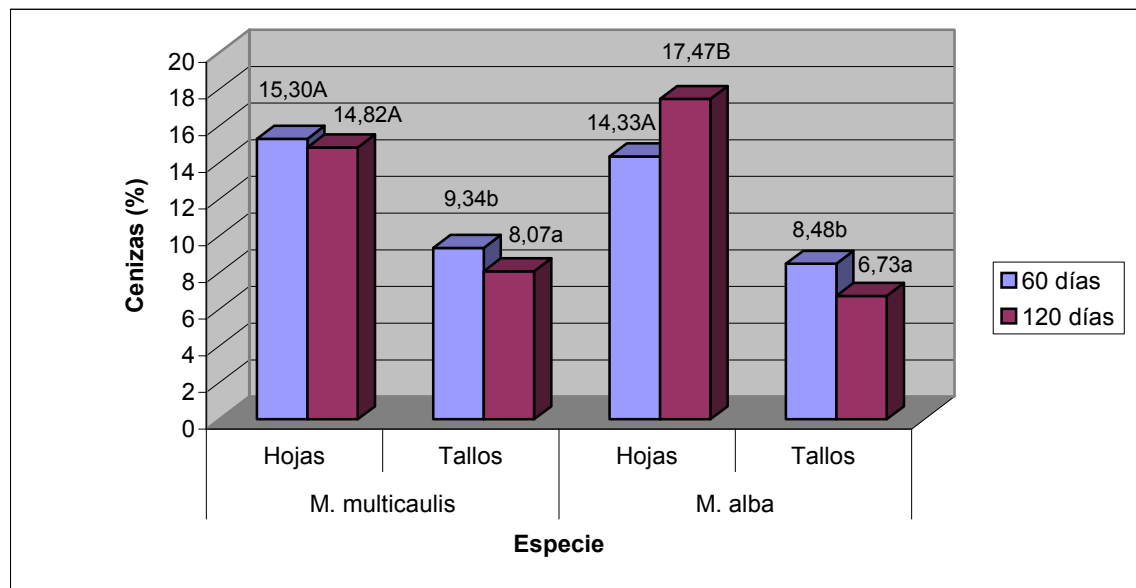
**Figura 17.** Efecto de la frecuencia de corte sobre la ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
 Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Al aumentar la frecuencia de corte de 120 a 60 días, se obtuvo un incremento significativo ( $p \leq 0,05$ ) en la ED de los tallos en ambas especies. Es así como la especie *M. multicaulis*, presentó 12,41 % de mayor cantidad de ED en la frecuencia de 60 días con respecto a la de 120 días, mientras que la ED de los tallos de la especie *M. alba*, aumentó 25,27 % en comparación con la menor frecuencia de corte (Figura 17).

**Cenizas (%) en hojas y tallos.** El porcentaje de cenizas en las hojas de *Morus multicaulis* no fue afectado significativamente ( $p>0,05$ ) por la frecuencia de corte, promediando 15,06 %, mientras que en la especie *Morus alba*, se presentó un aumento significativo ( $p\leq 0,05$ ) del porcentaje de cenizas, el cual fue de 17,97 % al disminuir la frecuencia de corte (Figura 18). El mayor porcentaje de cenizas en la menor frecuencia de corte, se explicaría por una disminución en la demanda de minerales para las funciones fisiológicas de las hojas (Bonilla, 2000).

Este aumento del porcentaje de cenizas registrado en la especie *Morus alba* también ocurrió en ensayos realizados por Boschini (2002b), quien utilizó tres frecuencias de corte (56, 84 y 112 días) y plantas cada 1,2 x 1,2 m. A medida que disminuyó la frecuencia de corte, aumentó el contenido de cenizas en las hojas de morera (*Morus* spp.), reportando valores de 15,90 %, 16,90 % y 18,60 % respectivamente, mientras que Dorigan *et al.* (2004), obtuvieron valores de 10,05 y 10,24 % para frecuencias de corte de 45 y 90 días en la especie *Morus alba*. Rojas (2005) utilizando la especie *Morus multicaulis*, tres densidades de plantación, y tres frecuencias de corte (30, 60 y 90 días), obtuvo en la menor densidad de plantación, un porcentaje de cenizas significativamente mayor ( $p\leq 0,05$ ) a los 90 días con respecto a los de 60 y 30 días, mientras que para las otras dos densidades, la frecuencia de corte no tuvo un efecto significativo ( $p>0,05$ ) en el contenido de cenizas.



**Figura 18.** Efecto de la frecuencia de corte sobre las Cenizas (%) de hojas y tallos. Letras mayúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p\leq 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes entre frecuencias de corte dentro de una misma especie indican dif. significativa ( $p\leq 0,05$ ).

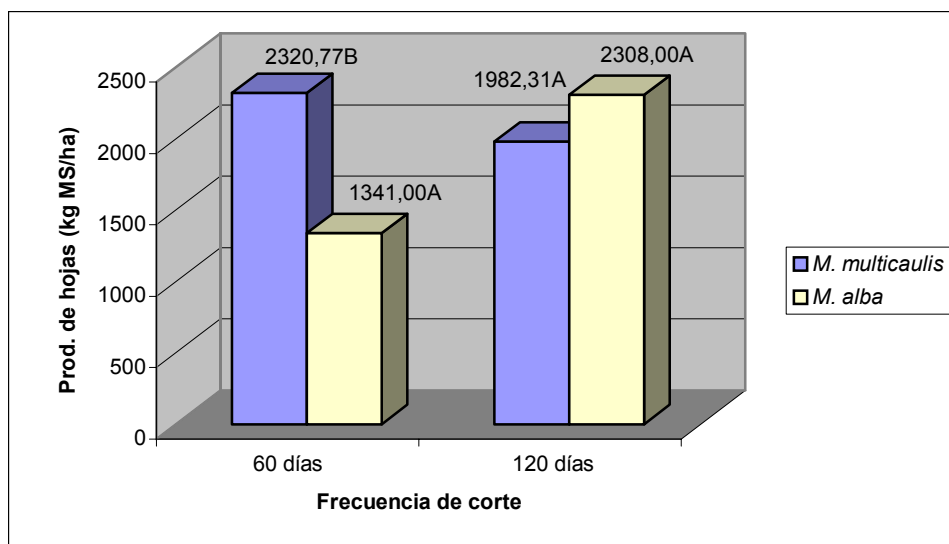
Los tallos de ambas especies registraron un mayor contenido de cenizas en la frecuencia de 60 días con respecto a la de 120 días, lo cual fue estadísticamente significativo ( $p\leq 0,05$ ), donde *Morus multicaulis*, presentó 13,60 % de mayor contenido de cenizas en la frecuencia de 60 días por sobre la de 120 días, mientras que en *Morus alba* esta diferencia fue de 20,63 % (Figura 18). Estudios similares en *Morus alba* por Sugohara *et al.* (1994, citados por De

Almeida y Canto 2002) indican la misma tendencia, donde se observó una disminución significativa ( $p \leq 0,05$ ) del contenido de cenizas a medida que disminuyó la frecuencia de corte desde 45 a 90 días, obteniendo valores extremos de 6,3 y 2,6 % respectivamente.

Esta tendencia en el porcentaje de cenizas corresponde según Fleming (1973), a que con el avance de la madurez, el contenido de MS de la planta generalmente se incrementa más rápido que la toma de minerales, disminuyendo la concentración de estos últimos.

### Efecto de la especie sobre la producción de MS de hojas y tallos

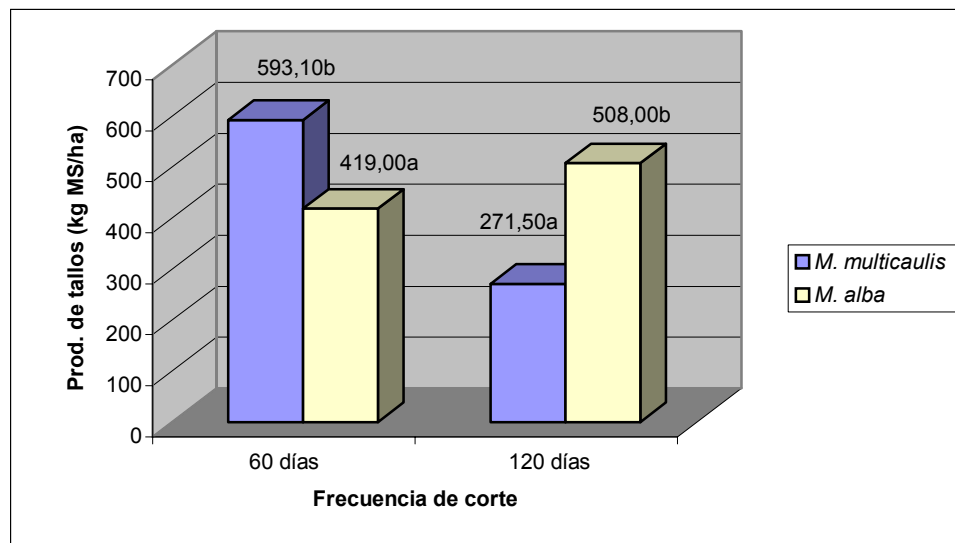
**Producción de hojas ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ).** Al comparar la producción de hojas entre ambas especies, se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) sólo en la frecuencia de corte de 60 días, donde *M. multicaulis* produjo 42,21 % más que *M. alba*, mientras que esta última especie, tuvo una producción 14,11 % mayor que lo obtenido por *M. multicaulis* en la frecuencia de corte de 120 días (Figura 19), lo que indicaría, que la especie *Morus multicaulis* posee una mayor capacidad de regeneración de follaje al aumentar la frecuencia de corte, mientras que al realizarse un solo corte, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la producción.



**Figura 19.** Efecto de la especie sobre la producción de hojas ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ). Letras diferentes entre especies dentro de una misma frec. de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

En la frecuencia de corte cada 60 días la producción de hojas  $\text{planta}^{-1}$  fue mayor en la especie *Morus multicaulis*, la cual produjo 232,07 g MS  $\text{planta}^{-1}$ , mientras que *Morus alba* produjo 134,10 g MS  $\text{planta}^{-1}$ . En la frecuencia de corte cada 120 días se dio lo contrario, donde la producción de hojas en la especie *Morus alba* fue de 230,80 g MS  $\text{planta}^{-1}$ , y la producción en *Morus multicaulis* fue de 198,23 g MS  $\text{planta}^{-1}$ .

**Producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>).** La especie provocó efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ) en la producción de tallos, pero de distinta manera en función de la frecuencia de corte, donde *M. multicaulis*, presentó un 29,35 % de mayor producción con respecto a *M. alba* en la mayor frecuencia de corte, pero esta última especie, presentó una producción de tallos 46,55 % superior a *M. multicaulis* en la frecuencia de corte de 120 días (Figura 20). La producción de tallos por parte de *Morus multicaulis* fue similar a la registrada por Rojas (2005), quien al utilizar 3 frecuencias de corte, y la misma densidad de plantación de esta parte del estudio, obtuvo una producción de 432,86 kg MS ha<sup>-1</sup> en frecuencias de corte cada 30 días, 564,00 kg MS ha<sup>-1</sup> en frecuencias de corte cada 60 días y 962,50 kg MS ha<sup>-1</sup> en una frecuencia cada 90 días.



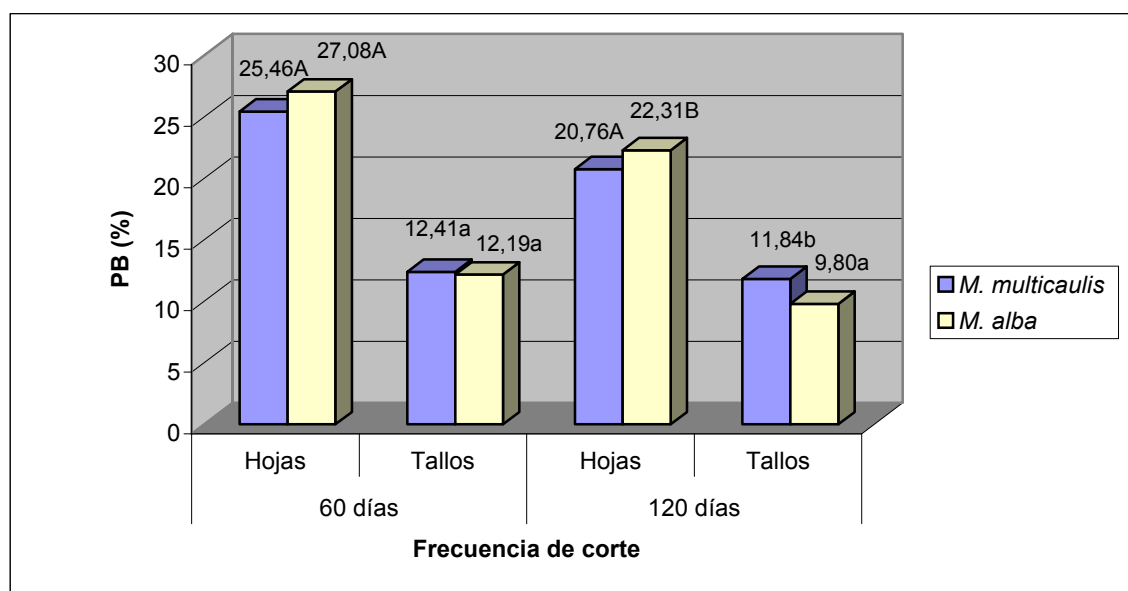
**Figura 20.** Efecto de la especie sobre la producción de tallos (kg MS ha<sup>-1</sup>). Letras diferentes entre especies dentro de una misma frec. de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La mayor producción de tallos planta<sup>-1</sup> se obtuvo con la especie *M. multicaulis* en la frecuencia de corte de 60 días, alcanzando una producción de 59,31 g MS planta<sup>-1</sup>, mientras que la especie *M. alba* produjo 41,90 g MS planta<sup>-1</sup>. La mayor diferencia de producción fue en la frecuencia de corte de 120 días, donde *M. alba* presentó una producción de 50,80 g MS planta<sup>-1</sup>, mientras que la de *M. multicaulis* fue de 27,15 g MS planta<sup>-1</sup>.

Esta mayor producción de tallos por parte de *M. alba*, produjo una disminución en la relación hoja:tallo, lo que incidiría en una menor calidad nutritiva (Van Soest y Robertson, 1985; Buxton y Casler, 1993) y un menor consumo por parte del animal, debido a que los tallos son menos palatables y más difíciles de masticar que las hojas (Minson, 1990; Van Soest, 1994; Omar *et al.*, 1999), tal como lo comprobó Retamal (2006), quien al ofrecer hojas y tallos tiernos de *Morus alba* a cabras en el último tercio de lactancia, estas siempre consumieron más hojas, dejando de lado los tallos tiernos.

## Efecto de la especie sobre el valor nutritivo de hojas y tallos

**PB (%) en hojas y tallos.** Sólo en la frecuencia cada 120 días se observó una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) del porcentaje de PB entre ambas especies, donde *Morus alba* presentó 6,94 % de mayor contenido de PB con respecto a *Morus multicaulis*, mientras que en la mayor frecuencia de corte, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre especies, promediando 26,27 % de PB (Figura 21). Estos resultados son comparables con los expuestos por Hernández *et al.* (2003) y Cerda *et al.* (2003), los primeros utilizando árboles de *Morus multicaulis*, mientras que los segundos de *Morus alba*. Ambos realizaron muestreos desde junio del año 2002 hasta enero del año 2003, alcanzando en el mes de septiembre valores de 31,30 y 30,40 % de PB para *M. multicaulis* y *M. alba*, mientras que 4 meses después, los valores disminuyeron a 13,90 y 16,50 % respectivamente.



**Figura 21.** Efecto de la especie sobre la PB (%) de hojas y tallos.

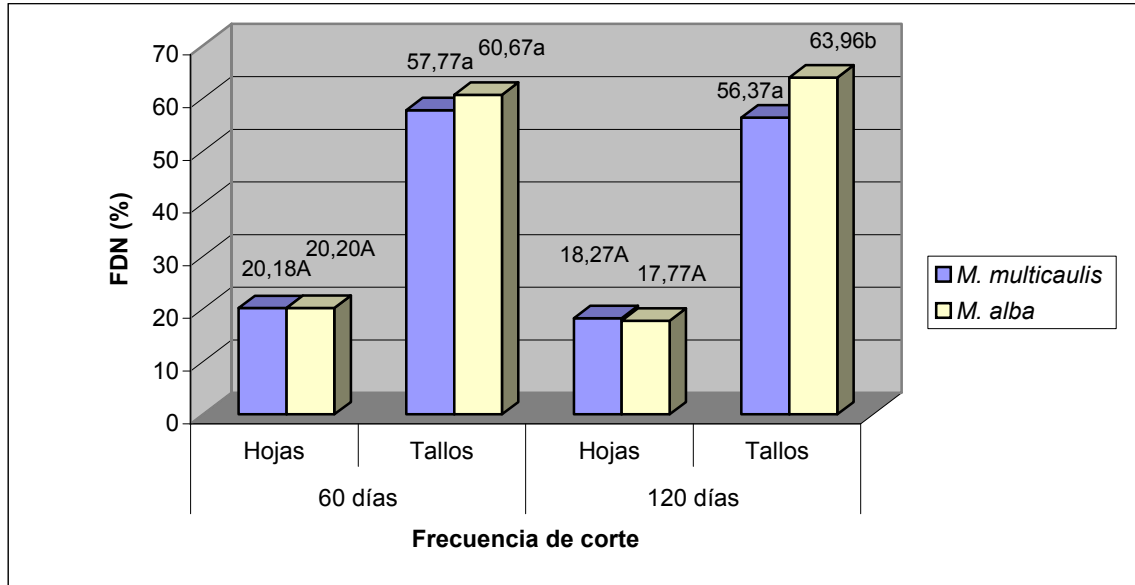
Letras mayúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
Letras minúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

En ambas frecuencias de corte, los tallos de *Morus multicaulis* presentaron un mayor porcentaje de PB con respecto a *Morus alba*, pero sólo en la frecuencia de corte de 120 días se obtuvo una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), la cual fue de 17,23 %, mientras que en la mayor frecuencia de corte, se obtuvo un promedio de 12,30 % de PB (Figura 21), valores que son similares a los reportados por Shayo (1997), Omar *et al.* (1999) y Martín *et al.* (2002).

El mayor contenido de PB de las hojas por sobre los tallos, se debe a que las células del mesófilo, que constituyen gran parte del tejido foliar, poseen un mayor contenido de proteínas, donde RuBisCO es la más importante (Sánchez, 2000), representando el 50 % de la proteína soluble (Medrano y Flexas, 2000), mientras que Singh y Makkar (2002), indican que la prolamina es la principal proteína en las hojas de morera.



**FDN (%) en hojas y tallos.** En las dos frecuencias de corte, la FDN de las hojas no se vio afectada significativamente ( $p > 0,05$ ) por la especie utilizada (Figura 22), lo que indica que las hojas de ambas especies poseen porcentajes similares de material fibroso, obteniendo promedios de 20,19 y 18,02 % en la frecuencia de 60 y 120 días respectivamente. Meneses (2006) trabajando con la especie *Morus alba*, obtuvo valores entre 26,30 y 30,90 %, mientras que Retamal (2006), obtuvo un promedio de 27 % de FDN para esta misma especie.



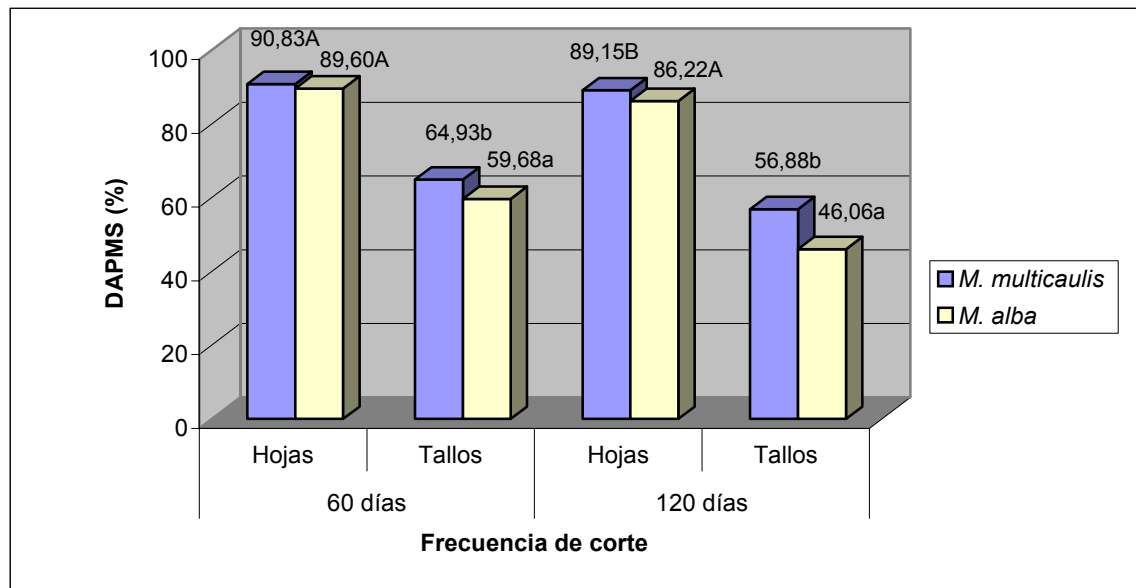
**Figura 22.** Efecto de la especie sobre la FDN (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
 Letras minúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

El contenido de FDN de los tallos, se vio afectado significativamente ( $p \leq 0,05$ ) por la especie sólo en la frecuencia de corte de 120 días, donde, la FDN en los tallos de *Morus alba* fue mayor en 11,86 % a los de *Morus multicaulis*, mientras que en la frecuencia de corte cada 60 días, se obtuvo un promedio de 59,22 % (Figura 22). Estos valores son mayores a los reportados por Hernández (2003), quien obtuvo promedios de 51,58 % en la especie *Morus alba* y 50,58 % en la especie *Morus multicaulis*, obteniendo valores desde 34 a 67 % y de 29 a 60 % respectivamente.

Los mayores porcentajes de FDN de los tallos por sobre las hojas, se deben principalmente a que los tallos poseen una mayor cantidad de tejidos estructurales y conductores, mientras que una gran parte del tejido de las hojas se encuentra ocupado por células del mesófilo (Buxton y Redfearn, 1997). Hernández (2003), afirmó que las diferencias entre hojas y tallos estuvieron relacionadas con la naturaleza de la estructura vegetal, donde la celulosa, hemicelulosa y lignina, presentaron una tendencia constante en las hojas, mientras que en los tallos tiernos, mostraron una tendencia ascendente durante el periodo de crecimiento vegetativo.

**DAPMS (%) en hojas y tallos.** El porcentaje de DAPMS de las hojas no se vio afectado por la especie en la frecuencia de corte de 60 días, presentando un promedio de 90,21 %, mientras que en la frecuencia de corte de 120 días se observó una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), donde la DAPMS de las hojas de la especie *Morus multicaulis* fue 3,28 % mayor a la de *Morus alba* (Figura 23). Esta mayor DAPMS por parte de *Morus multicaulis* también fue descrita por Hernández (2003), quien utilizando árboles de *M. alba* y *M. multicaulis*, obtuvo valores de 86,52 y 88,33 % respectivamente en la etapa vegetativa en que se midió esta variable, mientras que Meneses (2006) obtuvo un promedio de 74,89 % en la especie *Morus alba*.



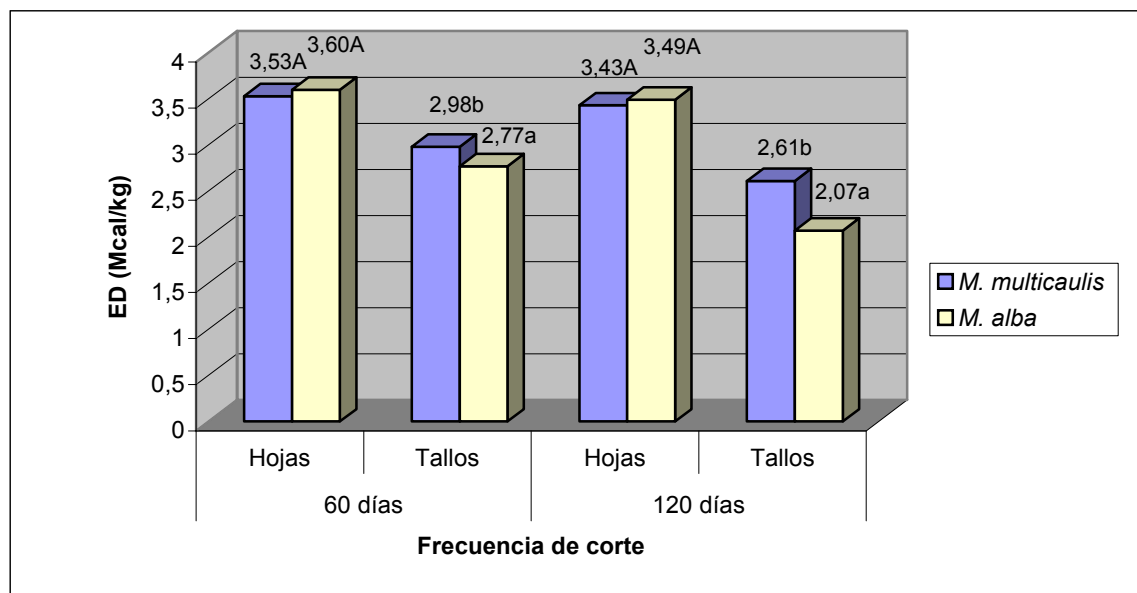
**Figura 23.** Efecto de la especie sobre la DAPMS (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
Letras minúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

En ambas frecuencias de corte, la especie *Morus multicaulis* presentó una DAPMS de los tallos significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) a la de *Morus alba*. En la mayor frecuencia de corte, la especie *Morus multicaulis* fue superior en 8,08 % con respecto a la especie *Morus alba*, esta diferencia se vio aumentada en la frecuencia de 120 días, donde el porcentaje de DAPMS de *Morus alba* fue menor en 23,49 % con respecto a *Morus multicaulis* (Figura 23), debido principalmente a que el porcentaje de DAPMS se relaciona negativamente con el contenido de pared celular (Figura 22).

Ambas especies presentaron altos niveles de DAPMS, esto se debería principalmente a los bajos contenidos de fibra, lo que incide en un mayor porcentaje de material celular soluble (Buxton y Redfearn, 1997), como también, a la estructura y composición de la pared celular, donde la celulosa y la lignina son los principales componentes que afectan la digestibilidad, mientras que la hemicelulosa tendría un pequeño efecto (Casler, 1986 citado por Casler, 1987), componentes que según Hernández (2003), muestran una tendencia constante en las hojas y ascendente en los tallos tiernos de *M. multicaulis* y *M. alba*.

**ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) en hojas y tallos.** En ambas frecuencias de corte, la especie no tuvo un efecto significativo ( $p>0,05$ ) en el contenido de ED de las hojas, presentando un promedio de 3,56 y de 3,46 Mcal kg<sup>-1</sup> para las frecuencias de 60 y 120 días respectivamente (Figura 24). Estos valores son similares a los reportados por Schmiddek *et al.* (2002), con un promedio de 3,53 Mcal kg<sup>-1</sup> para 3 variedades de morera (*Morus spp.*). Estos contenidos de ED en las hojas de *Morus multicaulis* y *Morus alba*, fueron superiores a los reportados por Hazard *et al.* (2001) en distintos tipos de forrajes, como lo son el ensilaje de maíz, de trébol rosado y heno de alfalfa, los cuales presentaron valores de 3,29, 2,72 y 2,68 Mcal kg<sup>-1</sup> respectivamente, pero son inferiores a algunos insumos utilizados para la alimentación animal, como lo son los granos de trigo, de maíz y de triticale, los cuales poseen valores de 3,92, 3,80 y 3,69 Mcal kg<sup>-1</sup> (Rojas y Catrileo, 2004).



**Figura 24.** Efecto de la especie sobre la ED (Mcal kg<sup>-1</sup>) de hojas y tallos.

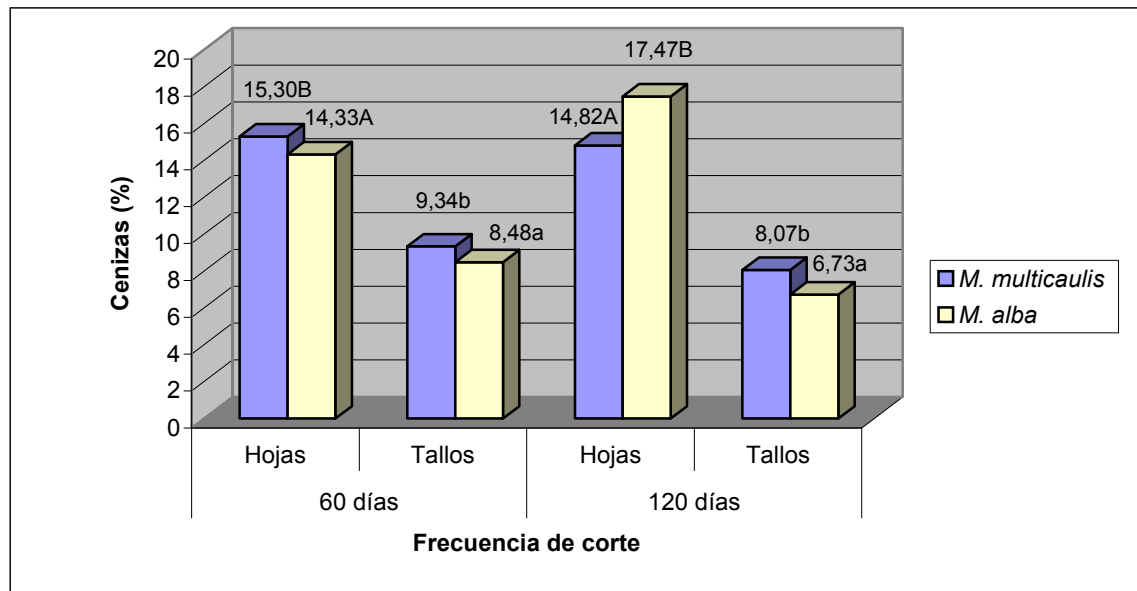
Letras mayúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p\leq 0,05$ ).

Letras minúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p\leq 0,05$ ).

En las frecuencias de corte de 60 y 120 días, la especie tuvo un efecto significativo ( $p\leq 0,05$ ) sobre la ED de los tallos. En la frecuencia de corte de 60 días, *Morus multicaulis* presentó 7,04 % de mayor contenido de ED con respecto a *Morus alba*, y en la frecuencia de 120 días, esta diferencia ascendió a 20,69 % (Figura 24). Estos valores de ED de los tallos se asemejan a los reportados por Rojas y Catrileo (2004), quienes al analizar pajas de arveja, de cebada y de avena, obtuvieron valores de 2,50, 2,26 y 2,02 Mcal kg<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que Meneses (2006) reportó valores de 2,38 Mcal kg<sup>-1</sup> para el heno de alfalfa.

La mayor cantidad de energía de las hojas con respecto a los tallos, se debería a la mayor concentración de carbohidratos solubles de éstas, debido a una mayor actividad fotosintética (De las Rivas, 2000).

**Cenizas (%) en hojas y tallos.** La especie tuvo un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre el porcentaje de cenizas de las hojas en ambas frecuencias de corte. En la frecuencia cada 60 días, el contenido de cenizas en la especie *M. multicaulis* fue superior en 6,33 % a *M. alba*, mientras que en la frecuencia de corte de 120 días fue lo opuesto, ya que *M. alba* presentó un contenido de cenizas 15,16 % mayor que *M. multicaulis* (Figura 25). Hernández (2003) obtuvo valores máximos de 18,64 % en *Morus multicaulis* y de 21,76 % en *Morus alba*.



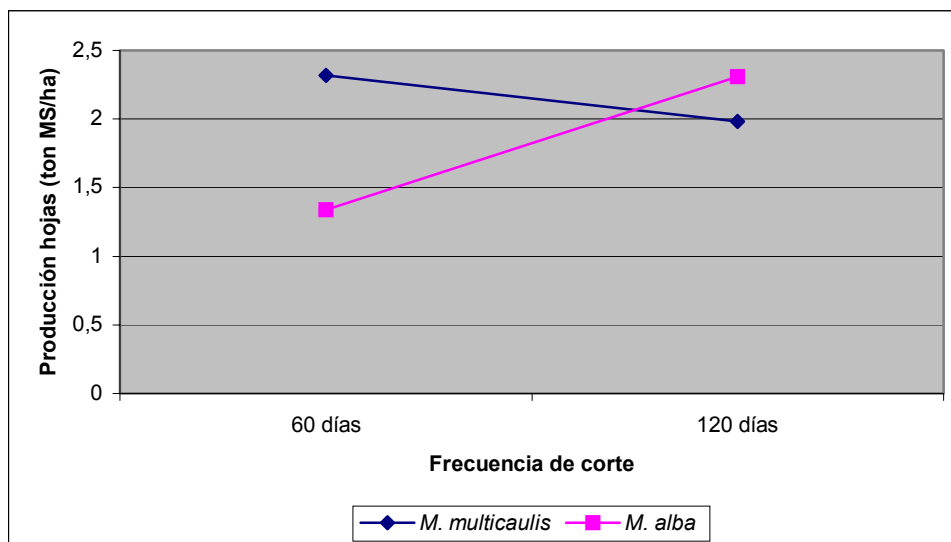
**Figura 25.** Efecto de la especie sobre las Cenizas (%) de hojas y tallos.

Letras mayúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).  
Letras minúsculas diferentes entre especies dentro de una misma frecuencia de corte indican dif. significativa ( $p \leq 0,05$ ).

El contenido de cenizas de los tallos también se vio afectado por la especie, así, en la frecuencia de corte de 60 días, el porcentaje de cenizas en *Morus multicaulis* fue 9,20 % mayor a lo registrado por *Morus alba*, mientras que para la frecuencia de 120 días esta diferencia aumentó a 16,60 % (Figura 25). Valores similares a estos obtuvo Hernández (2003), reportando un promedio de 8,15 % en la especie *Morus alba* y 7,63 % en *Morus multicaulis*.

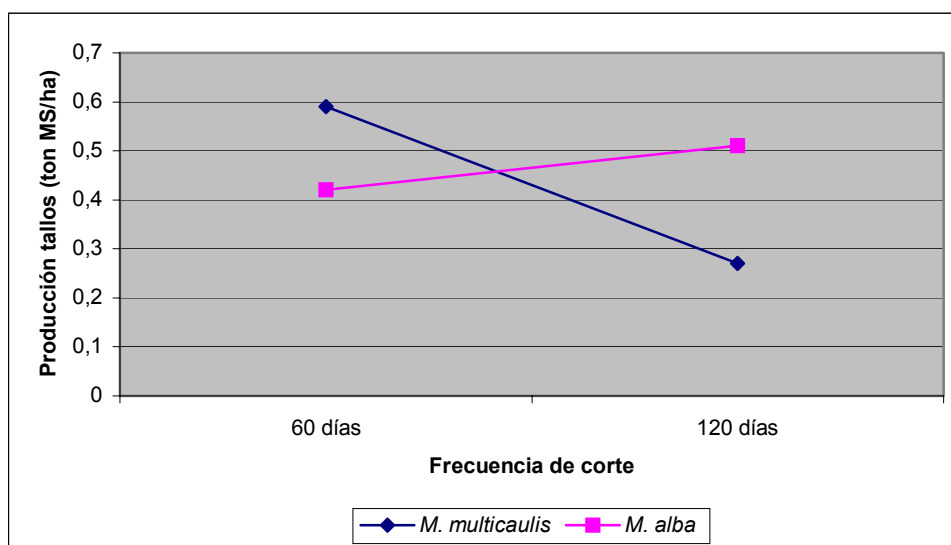
### Interacción entre la especie y la frecuencia de corte

**Interacción sobre la producción de hojas y tallos.** Se presentó una interacción entre las especies y la frecuencia de corte en la producción de hojas, ya que en la frecuencia de 120 días, la especie *Morus alba* tendió a aumentar y a sobrepasar la producción de hojas con respecto a *M. multicaulis*, mientras que esta última especie tendió a disminuir su producción a medida que disminuyó la frecuencia de corte (Figura 26), lo que indica que la capacidad de rebrote de la especie *Morus alba* a mayores frecuencias de corte disminuye. Similar tendencia obtuvo Martín *et al.* (2002) con la especie *Morus alba*, donde a mayores frecuencias de corte, la producción de biomasa comestible fue disminuyendo.



**Figura 26.** Efecto de la interacción especies – frec. de corte sobre la producción de hojas.

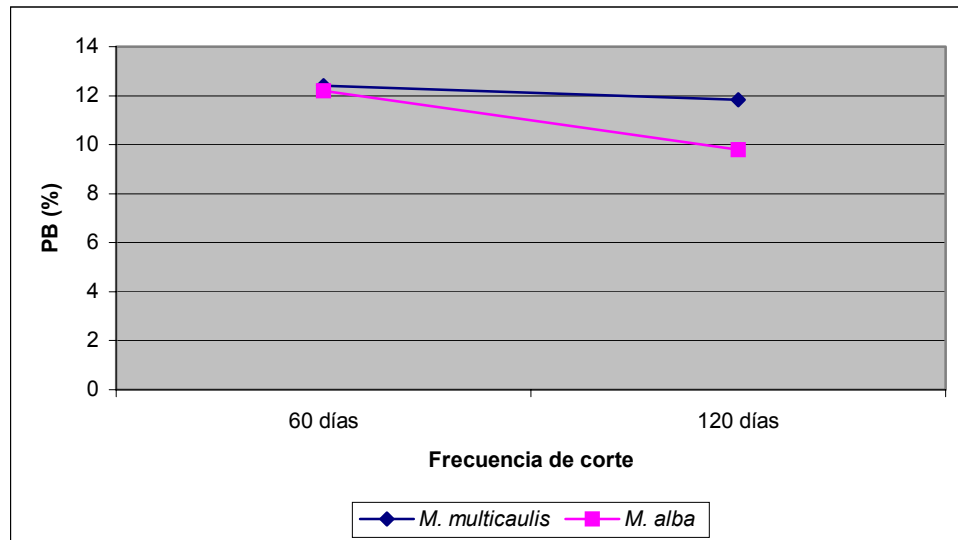
El efecto de la interacción en los tallos es similar a lo registrado en las hojas, donde a medida que aumentó la frecuencia de corte, la especie *Morus alba* disminuyó la producción de tallos tiernos, mientras que *Morus multicaulis* experimentó un aumento y presentó una mayor producción con respecto a *Morus alba* (Figura 27).



**Figura 27.** Efecto de la interacción especies – frec. de corte sobre la producción de tallos.

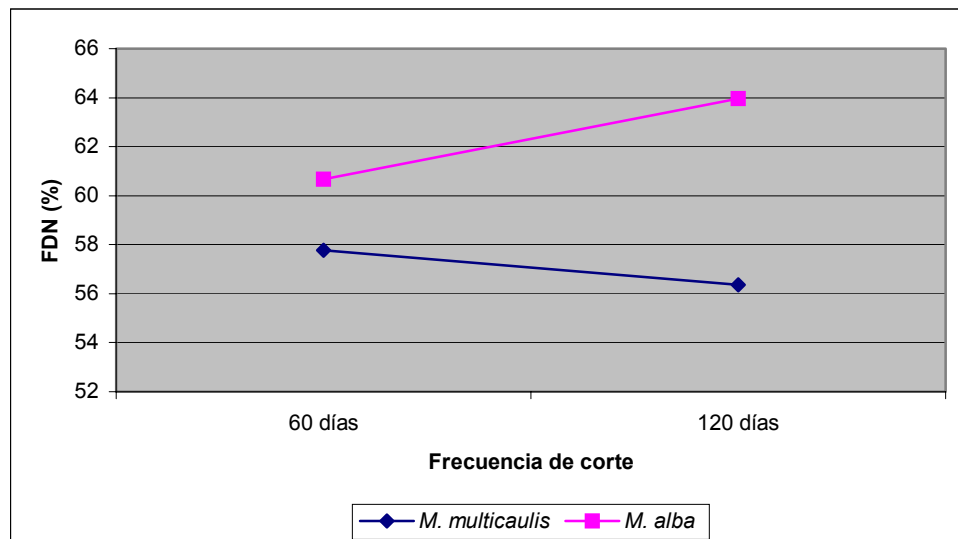
**Interacción sobre el porcentaje de PB en tallos.** Se presentó una interacción entre las especies y la frecuencia de corte, donde el porcentaje de PB disminuyó a una menor frecuencia de corte en la especie *Morus alba* (Figura 28), lo que se debería principalmente a un aumento en el porcentaje de FDN, mientras que *Morus multicaulis* no experimentó lo

mismo, manteniéndose estable en función de los distintos cortes, al igual que el contenido de FDN (Figura 15).



**Figura 28.** Efecto de la interacción especies – frec. de corte sobre el porcentaje de PB.

**Interacción sobre el porcentaje de FDN en tallos.** Se presentó una interacción entre las especies y la frecuencia de corte. En la especie *M. alba* se produjo un aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) de la FDN a medida que disminuyó la frecuencia de corte, mientras que en la especie *M. multicaulis* ocurrió lo opuesto (Figura 29), lo que indicaría un mayor grado de madurez de los tallos de *M. alba* a menores frecuencias de corte, coincidiendo con los menores porcentajes de PB y de DAPMS (Figura 14 y 16).



**Figura 29.** Efecto de la interacción especies – frec. de corte sobre el porcentaje de FDN.

## CONCLUSIONES

Al aumentar la densidad de plantación en *Morus multicaulis* se incrementa la producción de MS por superficie, pero disminuye la producción por planta.

La densidad de plantación en *Morus multicaulis* no afecta el valor nutritivo, excepto el contenido de FDN, que aumenta al disminuir la densidad.

Al aumentar la frecuencia de corte en *Morus multicaulis*, aumenta la producción de MS tanto por planta como por superficie, y se incrementa el valor nutritivo.

En la especie *Morus alba*, al reducir la frecuencia de corte se aumenta la producción de MS por planta y por superficie, pero disminuye el valor nutritivo.

La utilización de distintas especies del género *Morus* afecta la producción de MS, y principalmente, el valor nutritivo de los tallos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AKIN, D. 1989. Histological and Physical Factors Affecting Digestibility of Forages. *Agronomy Journal* 81: 17-25.
- ALBRECHT, K., W. WEDIN and D. BUXTON. 1987. Cell Wall Composition and Digestibility of Alfalfa Stems and Leaves. *Crop Science* 27: 735-741.
- ALLARD, G., C. NELSON and S. PALLARDY. 1991. Shade Effects on Growth of Tall Fescue: I. Leaf Anatomy and Dry Matter Partitioning. *Crop Science* 31: 163-167.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, Virginia, USA. 1018p.
- ARMSTRONG, R. and J. MILNE. 1993. Nutritive value of pastures and rangelands. *Búvísindi Icelandic Agricultural Sciences* 7(1): 37-43.
- BAILEY, R. 1973. Structural Carbohydrates. Pp. 157-211. *In*: Butler, G. and R. Bailey (Eds). *Chemistry and Biochemistry of herbage*. Volume 1. Academic press. London, England. 639p.
- BAKSHI, M. and M. WADHWA. 2006. Tree leaves as complete feed for goat bucks. *Small Ruminant Research*, en imprenta. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>. Leído el 20 de marzo 2006.
- BAMIKOLE, M., M. IKHATUA, U. IKHATUA and I. EZENWA. 2005. Nutritive Value of Mulberry (*Morus* spp.) Leaves in the Growing Rabbits in Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 4(4): 231-236.
- BENAVIDES, J. 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas* 7: 27-30.
- BENAVIDES, J. 1999. Utilización de la morera en sistemas de producción animal. *In*: Sánchez, M. y M. Rosales (Eds). *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal Paper 143. Memorias conferencia electrónica. FAO. Roma, Italia.
- BONILLA, I. 2000. Introducción a la Nutrición Mineral de las Plantas. Pp. 83-97. *In*: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (Eds). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Edicions Universitat de Barcelona, McGraw-Hill. Madrid, España. 522p.
- BÓRQUEZ, S., O. ROMERO, H. MANTEROLA y H. FLORES. 2004. Efecto de dos densidades de plantación en el rendimiento y valor proteico de *Morus multicaulis*, en la IX



región. Pp. 49-50. *In*: Hazard, S. y O. Romero (Eds). XXIX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, Villarrica, Chile, octubre 13-15, 2004, SOCHIPA A.G.

BOSCHINI, C. 2002a. Establishment and Management of Mulberry for Intensive Forage Production. Pp. 115-122. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

BOSCHINI, C. 2002b. Nutritional quality of mulberry cultivated for ruminant feeding. Pp. 171-182. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

BUXTON, D. and M. CASLER. 1993. Environmental and Genetic Effects on Cell Wall Composition and Digestibility. Pp. 685-714. *In*: Jung, H., D. Buxton, R. Hatfield and J. Ralph (Eds). Forage Cell Wall Structure and Digestibility. Madison, USA. 794p.

BUXTON, D. and S. FALES. 1994. Plant Environment and Quality. Pp. 155-199. *In*: Fahey, G. (Ed). Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison, USA. 998p.

BUXTON, D. and J. HORNSTEIN. 1986. Cell-Wall Concentration and Components in Stratified Canopies of Alfalfa, Birdsfoot Trefoil and Red Clover. *Crop Science* 26(1): 180-184.

BUXTON, D. and D. REDFEARN. 1997. Plant Limitations to Fiber Digestion and Utilization. *Journal of Nutrition* 127(5): 814S-818S.

CASANOVAS, E., A. CARRANZA, C. CABALLERO, R. NOVOA y R. VALERA. 2004. Nota técnica: Efecto de la inclusión de morera (*Morus alba*) en la producción de leche. *Pastos y Forrajes* 27(2): 147-151.

CASLER, M. 1987. In Vitro Digestibility of Dry Matter and Cell Wall Constituents of Smooth Bromegrass Forage. *Crop Science* 27: 931-934.

CERDA, D., H. MANTEROLA, L. SIRHAN y B. ILLANES. 1987. Validación y estudios comparativos de métodos estimadores de la digestibilidad aparente de los alimentos para rumiantes. IV. Estudios del método de digestibilidad enzimática como predictor de la digestibilidad aparente. *Avances en Producción Animal* 12(1-2): 87-97.

CERDA, D., A. OLIVARES, M. JOHNSTON, N. HERNÁNDEZ y H. MANTEROLA. 2003. Valoración nutritiva de la fitomasa de *Morus alba* adulta. Pp. 37-38. *In*: Troncoso, D. y P. Williams (Eds). XXVIII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, Talca, Chile, octubre 15-17, 2003, SOCHIPA A.G.

CERDA, D., C. ROJAS, H. MANTEROLA y O. ROMERO. 2004. Efecto de la densidad de plantación y frecuencia de corte en el rendimiento y valor nutritivo de fitomasa de morera (*Morus multicaulis*). Pp. 13-14. *In*: Hazard, S. y O. Romero (Eds). XXIX Reunión

Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, Villarrica, Chile, octubre 13-15, 2004, SOCHIPA A.G.

CHAMBLEE, D. and M. COLLINS. 1988. Relationships with other Species in a Mixture. Pp. 439-461. *In*: Hanson, C., D. Barnes and R. Hill (Eds). Alfalfa and Alfalfa Improvement. Madison, USA. 1084p.

CHARREL, J. 1847. Tratado del cultivo de la morera. Traducción de Mariano Sanguesa. Madrid, España. 298p.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de Suelos del Proyecto Maipo. Agrolog Chile Ltda. Santiago, Chile. 802p.

DE ALMEIDA, J. and T. CANTO. 2002. The forage potential for some mulberry clones in Brazil. Pp. 157-164. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

DE LAS RIVAS, J. 2000. La Luz y el Aparato Fotosintético. Pp. 131-153. *In*: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (Eds). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona, McGraw-Hill. Madrid, España. 522p.

DORIGAN, C., K. DE RESENDE, R. BASAGLIA, A. SUGOHARA, R. TAKAHASHI, R. GERMANO e V. RODRIGUEZ. 2004. Digestibilidade *in vivo* dos nutrientes de cultivares de amoreira (*Morus alba* L.) em caprinos. *Ciência Rural* 34(2): 539-544.

EZENWA, I., N. KITAHARA, T. NISHIDA and S. SHIBATA. 2000. Intake and digestibility in Saanen goats fed timothy hay supplemented with mulberry leaves. Pp. 127. *In*: 7<sup>th</sup> International Conference on Goats, Tours, France, May 15-21, 2000, Institut de l'Elevage et INRA.

FLEMING, G. 1973. Mineral composition of herbage. Pp. 529-566. *In*: Butler, G. and R. Bailey (Eds). Chemistry and Biochemistry of herbage. Volume 1. Academic press. London, England. 639p.

GARCÍA, F. 2004. Influencia de la altura de corte sobre los rendimientos de biomasa de la morera (*Morus alba*). *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 11(2): 57-67. Disponible en: [http://pigtrop.cirad.fr/pdf/RCP/RCPP112/112\\_artFGSoldevillaOK.pdf](http://pigtrop.cirad.fr/pdf/RCP/RCPP112/112_artFGSoldevillaOK.pdf). Leído el 20 de noviembre 2005.

GARCIA, A. y J. GUARDIOLA. 2000. Transporte en el Floema. Pp. 65-82. *In*: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (Eds). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona, McGraw-Hill. Madrid, España. 522p.

GARCÍA, F., R. FERNÁNDEZ, B. MOMPIE y E. GONZÁLEZ. 2000. Influencia de la frecuencia de corte sobre los rendimientos de biomasa de la morera (*Morus alba*).

Memorias de la conferencia electrónica en “Morera para la Producción Animal”. FAO, Roma.

GOERING, K. and J. VAN SOEST. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture Handbook N° 379, USDA. Washington, D.C., USA. 20p.

GONZALEZ, J., J. BENAVIDES, M. KASS, R. OLIVO y M. ESPERANCE. 1996. Evaluación de la Calidad Nutricional de la Morera (*Morus alba* L.) Fresca y Ensilada, con Bovinos de Engorda. Agrofostería en las Américas 3(11-12): 20-23.

HARRIS, L. 1970. Nutrition research techniques for domestic and wild animal. Utah State University. Utah, USA. 200p.

HAZARD, S., M. MORALES, N. BUTENDIECK, P. GOMEZ y P. MARDONES. 2001. Evaluación de la mezcla de ensilaje de maíz con ensilaje de trébol rosado en diferentes proporciones, en la alimentación invernal de vacas lecheras en la zona sur. Agricultura Técnica 61(3): 306-318.

HERNÁNDEZ, N. 2003. Valoración nutritiva en la biomasa de *Morus alba* y *Morus multicaulis* en tres localidades de la zona central de Chile. Tesis Magister en Ciencias Agropecuarias. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 66p.

HERNÁNDEZ, N., D. CERDA, H. MANTEROLA, A. OLIVARES y M. JOHNSTON. 2003. Valoración nutritiva de la fitomasa de *Morus multicaulis* adulta. Pp. 13-14. In: Troncoso, D. y P. Williams (Eds). XXVIII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, Talca, Chile, octubre 15-17, 2003, SOCHIPA A.G.

KEPHART, K. and D. BUXTON. 1993. Forage Quality Responses of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Perennial Grasses to Shade. Crop Science 33: 831-837.

LEMAIRE, G., B. ONILLON, G. GOSSE, M. CHARTIER and J. ALLIRAND. 1991. Nitrogen Distribution Within a Lucerne Canopy During Regrowth: Relation With Light Distribution. Annals of Botany 68: 483-488.

LY, J., T. CY, C. PHINY and T. PRESTON. 2001. Some aspects of the nutritive value of leaf meals of *Trichanthera gigantea* and *Morus alba* for Mong Cai pigs. Livestock Research for Rural Development 13(3). Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd>. Leído el 17 de septiembre 2005.

MARTÍN, G., E. GONZÁLEZ, F. OJEDA, M. MILERA, I. HERNÁNDEZ y A. SALINAS. 2000a. La morera en Cuba: avances de su empleo dentro de las estrategias de suplementación del ganado rumiante. Memorias de la conferencia electrónica en “Morera para la Producción Animal”. FAO, Roma.

MARTÍN, G., I. HERNÁNDEZ, J. GARCÍA, E. SÁNCHEZ y J. BENAVIDES. 2000b. Estudio del efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de biomasa en Morera (*Morus alba*). Memorias de la conferencia electrónica en “Morera para la Producción Animal”. FAO, Roma.

MARTÍN, G., F. GARCIA, F. REYES, I. HERNÁNDEZ, T. GONZALEZ and M. MILERA. 2002. Agronomic studies with mulberry in Cuba. Pp.103-114. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

MARTINEZ, W. 1943. La morera: variedades, multiplicación, cultivo, cosecha, industrialización. Atlántida, Buenos Aires, Argentina. 155p.

McCLOUD, D. and R. BULA. 1973. Climatic Factors in Forage Production. Pp. 372-382. *In*: Heath, M., D. Metcalfe and R. Barnes (Eds). Forages, The Science of Grassland Agriculture. Third Edition. The Iowa State University Press, Ames, USA. 755p.

MEDRANO, H. y J. FLEXAS. 2000. Fijación del Dióxido de Carbono y Biosíntesis de Fotoasimilados. Pp. 173-185. *In*: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (Eds). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona, McGraw-Hill. Madrid, España. 522p.

MEHAFFEY, M., D. FISHER and J. BURNS. 2005. Photosynthesis and Nutritive Value in Leaves of Three Warm-Season Grasses before and after Defoliation. *Agronomy Journal* 97: 755-759.

MENESES, C. 2006. Efectos de la inclusión de morera (*Morus alba*) en dieta de cabritos lactantes sobre la ganancia de peso y características de la canal. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 28p.

MILERA, M., G. MARTÍN, T. SÁNCHEZ, I. HERNÁNDEZ y E. FERNÁNDEZ. 2000. Utilización de Forraje de Morera en la Alimentación de Ganado Vacuno. Memorias de la conferencia electrónica en “Morera para la Producción Animal”. FAO, Roma.

MINSON, D. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, Inc., San Diego, USA. 483p.

MINSON, D. and J. WILSON. 1994. Prediction of Intake as an Element of Forage Quality. Pp. 533-563. *In*: Fahey, G. (Ed). Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison, USA. 998p.

NELSON, C. and L. MOSER. 1994. Plant Factors Affecting Forage Quality. Pp. 115-154. *In*: Fahey, G. (Ed). Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison, USA. 998p.

NIEVES, D., J. CORDERO, O. TERAN y C. GONZALEZ. 2004. Aceptabilidad de dietas con niveles crecientes de morera (*Morus alba* L.) en conejos destetados. *Zootecnia Tropical* 22(2): 183-190.

N.R.C. (National Research Council). 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press. Sixth Revised Edition. Washington D.C., USA. 90p.

OJEDA, F., I. MONTEJO and G. PEREZ. 2002. Conservation of Mulberry as Silage. 1. Effect on Nitrogenous Compounds. Pp. 249-260. *In: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.*

OMAR, S., C. SHAYO and P. UDEN. 1999. Voluntary intake and digestibility of mulberry (*Morus alba* L.) diets by growing goats. *Tropical Grasslands* 33(1) 177-181.

PASCUAL, M. 1987. Influencia de la altura de corte en la producción y en el valor nutritivo del trébol rosado (*Trifolium pratense* L.) var. Quiñequeli. En su primera temporada. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 119p.

PATERSON, J., R. BELYEA, J. BOWMAN, M. KERLEY and J. WILLIAMS. 1994. The Impact of Forage Quality and Supplementation Regimen on Ruminant Animal Intake and Performance. Pp. 59-114. *In: Fahey, G. (Ed). Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison, USA. 998p.*

PHINY, C., T. PRESTON and J. LY. 2003. Mulberry (*Morus alba* L.) leaves as protein source for young pigs fed rice-based diets: Digestibility studies. *Livestock Research for Rural Development* 15(1). Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd>. Leído el 17 de septiembre 2005.

RAMOS, T., L. LARA, L. RIVERA y G. SANGINES. 2002. Mulberry Production with Swine Lagoon Effluent. Pp. 261-270. *In: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.*

RETAMAL, R. 2006. Efecto de la suplementación con morera (*Morus alba*) a cabras, en el último tercio de lactancia, sobre la producción y composición láctea. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 48p.

ROJAS, C. 2005. Efecto de la densidad de plantación y la frecuencia de corte en el rendimiento y valor nutritivo de *Morus multicaulis*, de un año de establecimiento. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 72p.

ROJAS, C. y A. CATRILEO. 2004. Alimentación del Ganado. Pp. 85-104. *In: Rojas, C. (Ed). Manual de Producción de Bovinos de Carne para la VIII, IX y X Regiones. INIA, FIA. Temuco, Chile. 254p.*

ROJAS, C., D. CERDA y H. MANTEROLA. 2003. Efecto de la densidad de plantación y de la frecuencia de corte en el rendimiento y valor nutritivo de *Morus multicaulis*. Pp. 55-56. *In*: Troncoso, D. y P. Williams (Eds). XXVIII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, Talca, Chile, octubre 15-17, 2003, SOCHIPA A.G.

ROJAS, C., D. CERDA, H. MANTEROLA y O. ROMERO. 2004. Efecto de la densidad de plantación y la altura de corte en el rendimiento y valor nutritivo de fitomasa de morera (*Morus multicaulis*). Pp. 11-12. *In*: Hazard, S. y O. Romero (Eds). XXIX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, Villarrica, Chile, octubre 13-15, 2004, SOCHIPA A.G.

SÁNCHEZ, M. 2000. Morera: un forraje excepcional disponible mundialmente. Memorias de la conferencia electrónica en "Morera para la Producción Animal". FAO, Roma.

SÁNCHEZ, M. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. Pp. 1-10. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

SANTIBAÑEZ, F. y J. URIBE. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Proyecto FONDECYT 89/901. Santiago, Chile. 65p.

SCHMIDEK, A., R. TAKAHASHI, A. DE MEDEIROS and K. DE RESENDE. 2002. Bromatological Composition and Degradation Rate of Mulberry in Goats. Pp. 207-212. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

SHAYO, C. 1997. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of central Tanzania. *Tropical Grasslands* 31(1): 599-604.

SINGH, B. and M. MAKKAR. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. Pp. 139-156. *In*: Sánchez, M. (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. Rome, Italy. 346p.

SMITH, D. 1973. Physiological Considerations in Forage Management. Pp. 425-436. *In*: Heath, M., D. Metcalfe and R. Barnes (Eds). Forages, The Science of Grassland Agriculture. Third Edition. The Iowa State University Press, Ames, USA. 755p.

SPEARS, J. 1994. Minerals in Forages. Pp. 281-317. *In*: Fahey, G. (Ed). Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison, USA. 998p.

SRIVASTAVA, S., R. KAPOOR, A. THATHOLA and P. SRIVASTAVA. 2003. Mulberry (*Morus alba*) leaves as human food: a new dimension of sericulture. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 54(6): 411-416.

TILLEY, J. and R. TERRY. 1963. A two-stages technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.

VALPUESTA, V., M. QUESADA y M. REID. 1993. Senescencia y abscisión. Pp. 479-492. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talon (Eds). Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana, McGraw-Hill. Madrid, España. 581p.*

VAN SOEST, P. 1973. Composition and Nutritive Value of Forages. Pp. 53-63. *In: Heath, M., D. Metcalfe and R. Barnes (Eds). Forages, The Science of Grassland Agriculture. Third Edition. The Iowa State University Press, Ames, USA. 755p.*

VAN SOEST, P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant. Second Edition. Cornell University Press. New York, USA. 476p.*

VAN SOEST, P. and J. ROBERTSON. 1985. *Analysis of Forages and Fibrous Food. Cornell University Press. New York, USA. 165p.*

WILKINSON, J. and J. BEARD. 1975. Anatomical responses of "Merion" Kentucky bluegrass and "Pennlawn" red fescue at reduced light intensities. *Crop Science* 15: 189-194.

WILSON, J. 1976a. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I. Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. *Australian Journal of Agricultural Research* 27(3): 343-354.

WILSON, J. 1976b. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. *Australian Journal of Agricultural Research* 27(3): 355-364.