

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

CAROLINA PAZ ROJAS TORKAR

PROFESORES GUÍAS CALIFICACIONES Sr. Héctor Manterola B. (calificó esta tesis con un 6,5) Srta. Dina Cerda A. (calificó esta tesis con un 6,5)

Santiago, Chile 2005

PROFESORES CONSEJEROS Sr. Alfredo Olivares E. (calificó esta tesis con un 7,0) Sra. Myrna Johnston B. (calificó esta tesis con un 6,9)

AGRADECIMIENTOS .	1
RESUMEN .	3
ABSTRACT .	5
INTRODUCCIÓN .	7
Hipótesis .	8
Objetivo general .	8
Objetivos específicos . .	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA . .	9
Antecedentes generales . .	9
Densidad de plantación .	12
Frecuencias de corte .	13
MATERIALES Y MÉTODOS .	17
Materiales . .	17
Lugar del ensayo . .	17
Material vegetal . .	17
Instrumentos de laboratorio .	18
Método .	18
Diseño experimental y análisis estadístico .	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .	21
1. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de materia seca (MS) total. .	21
1.1 Producción de MS/ha. . .	21
1.2 Producción promedio de MS/ha/día. .	22
1.3 Producción de MS por planta. .	23
1.4 Producción diaria promedio de MS por planta. .	23
2. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de hojas en MS. .	24
2.1 Producción de hojas/ha. . .	24

2.2 Producción promedio de hojas por día. . .	25
2.3 Producción de hojas por planta. . .	25
2.4 Producción diaria promedio de hojas por planta. . .	26
3. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de MS en tallos. . .	26
3.1 Producción de tallos/ha. . .	26
3.2 Producción promedio diaria de tallos por hectárea. . .	27
3.3 Producción de tallos por planta. . .	27
3.4 Producción diaria promedio de tallos por planta. . .	28
4. Efecto de la densidad de plantación sobre el valor nutritivo de hojas y tallos. . .	28
4.1 Concentración de proteína bruta de hojas y tallos. . .	29
4.2 Concentración de cenizas de hojas y tallos. . .	30
4.3 Contenido de FDN en hojas y tallos. . .	31
4.4 DAPMS de hojas y tallos. . .	32
4.5 Concentración de ED en hojas y tallos. . .	33
5. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de materia seca (MS) total. . .	35
5.1 Producción de MS por hectárea. . .	35
5.2 Producción promedio de MS/ha/día. . .	36
5.3 Producción de MS por planta. . .	36
5.4 Producción promedio de MS diaria por planta. . .	37
6. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de hojas. . .	37
6.1 Producción de hojas por hectárea. . .	38
6.2 Producción promedio diaria de hojas por ha. . .	38
6.3 Producción de hojas por planta. . .	39
6.4 Producción promedio diaria de hojas por planta. . .	39
7. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de tallos. . .	40
7.1 Producción de tallos por hectárea. . .	40
7.2 Producción diaria promedio de tallos por superficie. . .	41
7.3. Producción de tallos por planta. . .	41

7.4 Producción diaria promedio de tallos por planta. .	42
8. Efecto de la frecuencia de corte sobre el valor nutritivo de hojas y tallos. .	42
8.1 Concentración de PB de hojas y tallos. .	42
8.2 Concentración de cenizas de hojas y tallos. .	44
8.3. Contenido de FDN de hojas y tallos. .	46
8.4 DAPMS de hojas y tallos. .	47
8.5 Concentración de ED de hojas y tallos. .	49
9. Interacción entre densidad de plantación y frecuencia de corte. .	50
9.1. Interacción densidad-frecuencia sobre la concentración de PB. .	51
9.2. Interacción densidad-frecuencia de corte en el contenido de cenizas de hojas. .	52
9.3. Efecto de la interacción sobre el contenido de FDN de hojas. .	53
9.4. Efecto de la interacción sobre la DAPMS de hojas. .	54
9.5. Efecto de la interacción sobre la concentración energética de hojas. .	55
CONCLUSIONES . .	57
BIBLIOGRAFÍA CITADA . .	59

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su incasable labor como tal, por su preocupación, y por sus oraciones. A mi hermana Andrea, gracias por la música, por el cariño, y por ser como eres. A mi hermana Poly, por su paciencia, su alegría y apoyo. A mi padre por su entusiasmo en el tema.

A la Srta. Dina Cerda por su paciencia, por sus consejos, por su orientación y amistad entregadas. A Raquel Becerra, por su compañía, su amistad, su entusiasmo para hacer deporte, su paciencia y ayuda en el trabajo de laboratorio.

A Don Alberto Mansilla, por su buena disposición, enseñanzas estadísticas y orientación en el trabajo realizado.

A Don Alfredo Olivares, por su apoyo, su dedicación y sus acertados consejos. A la Sra. Myrna Johnston por su preocupación y aportes en las conclusiones del estudio.

A Juanito por su buena disposición y entusiasmo para trabajar con el frío de las mañanas, el calor intenso de las tardes de verano o con lluvia, y por su amistad.

A Don Héctor Manterola, por la confianza depositada en mí para la realización de este proyecto, por su paciencia, por inculcar el trabajo disciplinado, por los conocimientos entregados y su excelente disposición para resolver dudas.

A la Sra. Susana Muñoz por su amistad, sus consejos profesionales y gratas conversaciones.

A todas las personas que trabajan o trabajaron en el Departamento de Producción Animal: Sítzi, Horacio, Don Hernán, Sra. Isa, Joaquín; por el cariño expresado durante los años de estudio y también durante la ejecución de esta memoria de título.

A todos mis amigos que contribuyeron a llevar a cabo este trabajo: A la Vale Sepúlveda, la Pancha Muñoz, Cristian Nierad, Nelson Hernández, Álvaro y Marcelo Yáñez, gracias por todo.

RESUMEN

La presente investigación, tuvo por objetivo evaluar el comportamiento de la morera (*Morus multicaulis*), sometida a distintas densidades de plantación y diferentes frecuencias de corte, respecto de la producción de fitomasa y su valor nutritivo. El estudio se realizó en el módulo experimental de Morera ubicado en el Campus Antumapu.

Se trabajó con tres densidades de plantación: 0,5 x 0,5 m (alta), 0,75 x 0,75 (media) y 1,0 x 1,0 m (baja), y con tres frecuencias de corte, 30, 60 y 90 días. Las plantas se establecieron por medio de estacas, y luego fueron transplantadas al terreno definitivo. Se realizó un corte de homogenización a 40 cm sobre el nivel del suelo, 30 días antes de comenzar el estudio, aplicándose una fertilización base. Los parámetros evaluados fueron: el peso seco total cosechado, el peso seco de hojas, peso seco de tallos, y el valor nutritivo de hojas y tallos (Proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad (DAPMS), energía digestible (ED) y cenizas).

Los resultados indicaron que al aumentar la densidad poblacional de 1,0 m x 1,0 m to 0,5 m x 0,5 m, se produjo un incremento en la producción de MS por unidad de superficie, en las tres frecuencias de corte, obteniéndose 5834 kg; 5928 kg, y 6620 kg a los 30, 60 y 90 días, respectivamente, en la densidad mayor, lo cual superó en 69%, 64% y 52% a los rendimientos de la densidad baja, debido a un mayor número de plantas. También, al aumentar la densidad de plantación, se produjo una disminución en la producción de MS por planta, alcanzando los 145 g; 148 g y 165 g en la densidad alta, con diferencias de 20%, 31% y 48% respecto de la densidad baja, donde la competencia entre plantas pudo ser un factor determinante. Con frecuencias de corte menores, aumentó la producción de MS por período, con producciones de 6620 kg; 4573 kg y 3206 kg en las densidades alta, media y baja, respectivamente, superando en 12%, 36% y 43% a la mayor frecuencia de corte.

Además, al cortar cada 60 días, se produjeron las menores producciones diarias, las cuales correspondieron a 50 kg/ha en la densidad alta, 28 kg/ha en la densidad media y 18 kg/ha en la densidad baja, siendo superadas en 33%, 45% y 50% por la frecuencia menor.

Al incrementar la densidad de plantación, el valor nutritivo de las hojas aumentó en la frecuencia de corte de 30 días, variando la ED de 3,84 Mcal/kg a 4,05 Mcal/kg, pero disminuyó al cortar cada 60 y 90 días, debido a que la digestibilidad decreció de 89% a 85%, y la PB lo hizo de 21% a 16%. En los tallos, el valor nutritivo aumentó al incrementar la densidad en las frecuencias de 30 y 60 días, principalmente porque la DAPMS se incrementó significativamente de 48% a 74%, mientras que a los 90 días ésta decreció de 52% a 45%, y la ED lo hizo de 2,05 a 1,38 Mcal/kg., disminuyendo así el valor nutritivo. En las hojas, éste se redujo al disminuir la frecuencia de corte en las densidades alta y media, debido a que la DAPMS varió de 90 a 86%, aumentando en la densidad baja. En los tallos, el valor nutritivo disminuyó al aumentar el intervalo de corte en las tres densidades, ya que la PB se redujo significativamente de 15,8% a 8,3%, la DAPMS de 74% a 45% y la ED disminuyó de 3,16 a 1,38 Mcal/kg.

Se concluyó que al aumentar la densidad de plantación en *M. Multicaulis*, se incrementó la producción de fitomasa por unidad de superficie, pero disminuyó la producción por planta, aumentando el valor nutritivo, al cortar cada 30 días en las hojas, y a los 60 y 90 días en los tallos. Al aumentar la frecuencia de corte, se incrementó la producción de fitomasa por planta, disminuyendo el valor nutritivo de ella. Además, se produjo una interacción entre densidad y frecuencia de corte.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

PALABRAS CLAVE: Morera, rendimiento, densidad de plantación, frecuencia de corte, valor nutritivo, madurez fisiológica, competencia.

ABSTRACT

The objective of this study was to quantify the performance of mulberry (*Morus multicaulis*), affected by different stand densities and different cutting frequencies, on the phytomass production and on its nutritive value. The study was carried out in the experimental module of Mulberry located in the Campus Antumapu.

Treatments consisted on three stand density: 0,5 x 0,5 m (high); 0,75 x 0,75 m (medium) and 1,0 x 1,0 m (low), and three cutting frequencies: every 30, 60 and 90 days. The plants they established by means of stakes, and then they were transplanted to the definitive land. An homogenization cutting was made to 40 cm above soil level, 30 days before starting the study, and a basic fertilization was applied. Parameters measured were: dry weight of total harvest, dry weight of leaves, dry weight of stems, and nutritive value of the leaves and stems (Crude protein (CP), Neutral detergent fiber (NDF), Enzymatic digestibility (APDMD), Digestible energy (DE) and ash).

Results showed that as the stand density is increased of 1,0 m x 1,0 m to 0,5 m x 0,5 m, biomass per surface unit increased, in the three cutting frequencies, reaching 5,834 kg; 5,928 kg, and 6,620 kg of phytomass for the 30, 60 and 90 days respectively, at the highest density. The increments were 69%, 64% and 52% in relation to the low density treatment, due to a bigger number of plants. Also, when increasing the stand density, DM production per plant decreased, reaching 145 g; 148 g and 165 g for the high density treatment, being 20%, 31% and 48% lower than the low density one, being competition among plants the main factor. As the cutting frequency is enlarged, DM production per period increased in with productions of 6620 kg, 4573 kg and 3206 kg in the high, medium and low density, respectively, overcoming in 12%, 36% and 43% to the largest cutting frequency.

Also, when cutting every 60 days, are reached the smallest daily productions, which corresponded to 50 kg/ha in high density, 28 kg/ha in medium density and 18 kg/ha in low density, being overcome in 33%, 45% and 50% by the smallest frequency.

When the stand density was higher, the nutritive value of leaves increased at the frequency of 30 days, varying the DE from 3,84 Mcal/kg to 4,05 Mcal/kg, but it diminished when cutting every 60 and 90 days, since digestibility decreased from 89% to 85% and the PB from 21% to 16%. In the stems, the nutritive value was improved when density was increased at the frequencies of 30 and 60 days, mainly because ADDM increased significantly from 48% to 74%, while at the frequency of 90 days it decreased from 52% to 45% and the DE from 2,05 to 1,38 Mcal/kg., affecting the nutritive value. In the leaves, when cutting frequency was reduced, the nutritive value decreased at the high and medium densities, because the ADDM varied from 90 to 86%, increasing at the low density. In the stems, the nutritive value decreased when increasing the cutting interval in the three densities, since the CP decreased significantly from 15,8% to 8,3%, the ADDM of 74% to 45% and the DE diminished from 3,16 to 1,38 Mcal/kg.

It is concluded that when density is increased in *M.multicaulis*, phytomass yield per unit of area is also increased, but production per plant is reduced and the nutritive value increased at the frequency of 30 days in the leaves, and at 60 and 90 days in the stems. When cutting frequency is enlarged the phytomass yield per plant is increased, but the nutritive value decreases. Also, an interaction stand density-cutting frequency is present.

KEY WORDS: Mulberry, yield, stand density, cutting frequency, nutritive value,

physiologic maturity, competition.

INTRODUCCIÓN

Para reducir los costos de los productores en el sector ganadero, será necesario disminuir los insumos utilizados en alimentación, debido a que el uso de concentrados en los períodos de déficit de forraje, es el factor que más repercute en los costos productivos totales (IICA, 1999). Estudios realizados en países tropicales en la última década, para encontrar nuevas opciones y hacer de la ganadería una actividad más rentable y con una menor dependencia de insumos externos, señalan a la morera (*Morus spp*) como una de las especies que, combinada con alimentos que aporten energía, ha mostrado tener atributos para la producción de carne y de leche en rumiantes (Murillo et al., 2000).

El follaje de morera posee un excelente valor nutricional, debido a sus altos niveles de proteína (20 a 24%) y de digestibilidad (75 a 85%), es un recurso que puede producirse en el mismo predio y sustituir, en diferentes medidas, a otras fuentes de suplementación, como lo son los concentrados, harinas de pescado, de soya y afrechos, que se encuentran disponibles en el mercado, pero difícilmente están al alcance de pequeños y medianos productores (Rodríguez 1990, citado por Murillo et al., 2000).

La experiencia al incorporar la morera en sistemas de producción animal ha sido muy exitosa, por ser una especie de alta calidad nutritiva, de crecimiento rápido y palatable para los animales. Al mantenerse como arbusto, puede ser pastoreada directamente, utilizado como soiling o ensilaje (Sánchez, 2000b). De allí surge la necesidad de conocer los efectos que pueden presentar los distintos manejos agronómicos, tales como densidad de plantación y frecuencia de corte, sobre las características de la morera.

Hipótesis

Se plantea como hipótesis que: la densidad de plantación y la frecuencia de corte de la morera, afectan significativamente la cantidad y valor nutritivo de la materia seca producida.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de plantación y la frecuencia de corte en los rendimientos de materia seca, y en el valor nutritivo de hojas y tallos, para *Morus multicaulis* en la zona central de Chile.

Objetivos específicos

Cuantificar los efectos de tres densidades de plantación sobre la materia seca acumulada y el valor nutritivo en *Morus multicaulis*.

Cuantificar los efectos de tres frecuencias de corte sobre la generación de materia seca.

Cuantificar los efectos de tres frecuencias de corte en el valor nutritivo de hojas y tallos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales

La morera, pertenece al orden de las *Urticales*, familia *Moraceae* y género *Morus*, del cual se conocen más de 30 especies y alrededor de 300 variedades (Alonso et al., 2000). Datta, citado por Sánchez 2000a, en cambio afirma que existirían 68 especies en el género *Morus*, encontrándose la mayoría de ellas en Asia. Entre las especies botánicas de morera más destacadas se encuentran *Morus alba* Lin., *Morus nigra* Lin., *Morus rubra* Lin., *Morus multicaulis* Loud. y *Morus kagayamae* Koidz (Alonso et al., 2000).

Estudios en morera como planta forrajera, se han llevado a cabo en Japón, India, Tanzania, Kenya, Costa Rica, Colombia, México, San Salvador, Guatemala, Brasil y Cuba. Estos incluyen aspectos agronómicos, modalidades de cosecha, conservación de forraje e inclusión de morera en dietas de rumiantes y monogástricos (Sánchez, 2000b).

Sólo en ciertas partes de India, China y Afganistán es utilizado tradicionalmente como forraje para producción animal, pero en lugares como Costa Rica, se está investigando acerca de sus cualidades desde que un agricultor ofreciera a sus cabras follaje de morera, debido al fracaso de su proyecto con gusano de seda, quedando impresionado por la respuesta obtenida (Alonso et al., 2000).

Las especies más comunes en el mundo son *M. alba* y *M. indica*, las cuales han sido

sometidas a selección intensa, por medio de polinización abierta, control de hibridación y mejoramiento por medio de mutación y selección en varios países, resultando al final 1000 variedades, incluyendo las variedades poliploides (Almeida y Fonseca, 2000, citados por Sánchez 2000b).

En zonas tropicales, se ha comprobado que la morera se desarrolla adecuadamente con una temperatura mínima de 18° C y máxima de 38° C; encontrándose su óptimo entre 24 y 28° C, aunque el crecimiento de esta especie en climas mediterráneos con cambios bruscos de temperatura ha sido satisfactorio, tolerando valores por debajo de 0° C. Otros rangos climáticos para su cultivo son: precipitación de 600 a 2500 mm; fotoperíodo de 9 a 13 h/día y humedad relativa de 65 a 80 %. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4.000 m de altitud y se reproduce por semilla, estaca, acodo e injerto. Por tener una gran capacidad de extraer nutrientes del suelo, para producir altos rendimientos necesita altos niveles de fertilización (Ting-Zing et al., 1988, citado por Alonso et al., 2000).

En Chile, la morera presenta un período de abscisión foliar total con dormancia invernal comprendido entre los últimos días de Junio o primeros días de Julio, hasta el reinicio de su actividad vegetativa durante Agosto y Septiembre, siendo su uso de tipo ornamental (Hernández, 2003).

Dentro de sus características nutricionales, además de su buena palatabilidad, destacan su aporte en proteína bruta con valores de 15 a 28%, dependiendo de la especie, de la variedad, grado de madurez de hojas y tallos y condiciones de crecimiento. Esto, sumado a su gran capacidad para la producción de materia seca y adaptación a diversas condiciones agroclimáticas, permiten clasificarla dentro de las especies arbustivas con potencial para la alimentación de rumiantes y monogástricos.

La digestibilidad de la materia seca de hojas se ha determinado en cabras por el método *in vivo* y por el método *in vitro*, fluctuando entre 78,4 y 80,8% en el primero y entre 80,2% y 95% en el segundo. Para los tallos, los valores de digestibilidad de la materia seca encontrados oscilan entre 37 y 44%, y para la planta entera de 58 a 79% (Liu et al., 2000). Los contenidos de Ca, varían entre 1,8 y 2,4% y de P de 0,14 a 0,24% (Narayana & Setty, 1977; Singh et al., 1984; Espinosa et al., 1998; citados por Sánchez, 2000a).

Bajo condiciones experimentales, se han reportado consumos de materia seca de morera del 3,44% de peso vivo en ovinos en el año 1962; según los datos entregados por Sánchez (2000a), y no se han identificado hasta ahora compuestos tóxicos. La morera, es una planta que no fija N, por lo tanto es necesario reponer los nutrientes extraídos por la planta por medio de fertilización, pudiendo considerarse la asociación con leguminosas o aplicación de estiércol, ya que los niveles de N en el suelo resultan fundamentales para el crecimiento de ella (Cifuentes, 1996).

La producción de materia seca por ha de morera, depende de la especie, variedad, localidad, densidad de siembra o plantación, aplicaciones de fertilizantes, podas, control de malezas y el manejo de cosecha. De esta manera, en Costa Rica se observó una fluctuación de entre 8,7 y 13,4 ton/ha/ms según la localidad y variedad evaluada (Shayo, 1997; González et al., 1998; Espinosa et al., 1999; citados por Sánchez, 2000a).

Para la alimentación de los animales, se corta la planta entera o ramas y se entregan en fresco, pero también se han realizado estudios para la conservación del forraje de morera como ensilaje con buenos resultados (Benavides, 1995). En el trópico, al suplementar vacas en pastoreo con follaje de morera en vez de concentrado (compuesto por maíz grano, afrecho de soya y subproductos de origen animal), se obtiene un nivel de producción de leche similar para iguales niveles de consumo de materia seca, no afectándose el contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche, pero si mejora el beneficio neto en comparación con el concentrado (US\$3,29 vs. 2,84 respectivamente) (Murillo et al., 2000).

Las condiciones edafoclimáticas de cada lugar, como son: tipo de suelo, humedad, temperatura, luminosidad, etc.; también determinarán el comportamiento de esta especie, siendo características deseables, luminosidad y temperaturas altas y una nubosidad escasa, como se ha demostrado en diversos estudios. En uno de ellos, realizado en Costa Rica, donde se trabajó con 3 zonas agroecológicas distintas, la zona que registró un mejor régimen de lluvias obtuvo rendimientos más bajos que la zona que presentó un largo período de sequía, debido a una mayor luminosidad y temperatura, y a una escasa nubosidad (Alonso et al., 2000). Por otra parte, Torres (1997) al referirse a los factores que influyen en la producción de hojas de morera, atribuye mayor importancia a las precipitaciones y su distribución. Factores como temperatura ambiental, humedad relativa, viento y luminosidad afectarían en mayor medida la calidad de las hojas más que la producción (Torres, 1997).

Los suelos requeridos para obtener altas producciones, deben ser ricos en materia orgánica, profundos, con un pH cercano a 7, de textura liviana a media; considerándose fundamental para la producción de hojas, la fertilidad y las características físicas anteriormente nombradas (Torres, 1997). En cuanto a las variedades, éstas presentan distintos potenciales genéticos para producir hojas, por lo que es importante conocer las características de ellas y también de la especie con la que se pretende trabajar (Carmona, 1988).

Para aprovechar este potencial al máximo, se debe trabajar con los factores agronómicos de manejo: distancias de plantación, plan de fertilización, sistema de podas, sistema de cosechas de hojas, plan de riego, control de malezas y control de plagas y enfermedades, determinando de esta manera un mayor o menor nivel de producción de hojas (Editorial Atlántida, 1943).

La capacidad productiva de una comunidad vegetal, depende de su capacidad de realizar fotosíntesis. De esta manera, el potencial de crecimiento de las plantas variará de acuerdo a la proporción de luz interceptada por la comunidad y a la radiación que se pierda hacia el suelo, según la densidad de plantación utilizada (Rhodes, 1973 citado por Hepner, 1992). Por esta razón la productividad de una especie vegetal, como así mismo su persistencia, tendrán estrecha relación con la estructura adquirida por ella y el manejo a que ésta es sometida (Brown y Blaser, 1968 citados por Hepner, 1992). Por otro lado, la cantidad de aire y luz que recibe una planta, está relacionada con la distancia de siembra y esto define un mayor o menor desarrollo vegetativo, determinando la formación de la planta de morera y así también la producción de hojas (Benavides, 1995).

Densidad de plantación

Este es un factor que, junto a otros, determina el rendimiento de las plantas y está entre las acciones que el hombre utiliza para controlar aspectos poblacionales, morfológicos y productivos de la vegetación (Donald, 1963; citado por Olivares 1986), ya que el espacio disponible para el crecimiento será diferente en cada tratamiento, por lo que existirán diferencias que serán o no significativas e influirán en el aporte que cada planta realice a la materia seca total. El comportamiento de la comunidad de plantas variará, ya que se producirán modificaciones en la altura y en las ramificaciones de las plantas (Boschini, 2000a). Dependiendo de la densidad de plantación con la que se trabaje, se pueden producir entre 5 y 14 toneladas de materia seca comestible de morera por ha/año (Cruz, 1997).

En condiciones tropicales se evaluó el peso de hojas para dos variedades de morera obteniéndose, a mayores distancias, un mayor peso por un efecto de menor competencia entre plantas por agua, luz, nutrientes y espacio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción promedio de hojas de morera en tres cosechas, para cuatro densidades de plantación y cuatro variedades.

Variedad	DISTANCIA (m)	DENSIDAD (plantas/ha)	PESO HOJA (g/planta)	PRODUCCION (kg/ha/año)
Variedad 1	0,8 x 0,4	31.250	511,5	63.937,5
	1,0 x 0,4	25.000	582,1	58.210,0
	1,0 x 0,5	20.000	528,2	42.256,0
	1,2 x 0,5	16.666	705,5	47.031,4
Variedad 2	0,8 x 0,4	31.250	457,6	57.200,0
	1,0 x 0,4	25.000	497,2	49.720,0
	1,0 x 0,5	20.000	540,3	43.224,0
	1,2 x 0,5	16.666	506,2	33.745,3

Fuente: Cruz, 1997.

El sombreado aumenta con densidades mayores, y esto influye en la cantidad de luz interceptada por las hojas, las tasas fotosintéticas y los rendimientos de materia seca. La planta disminuye su crecimiento y su sistema radicular pierde desarrollo, reduciendo la exploración del suelo, con lo que baja su capacidad para utilizar agua y minerales (Donald, 1963; citado por Olivares, 1986). Sin embargo, al analizar la producción de hojas por ha, estos estudios indican que las mejores distancias de plantación son las más bajas, es decir los cultivos más densos (0,8 x 0,4 m) (Cruz, 1997). Esto se explica porque a una baja densidad, las plantas logran mejores rendimientos individuales, ya que su desarrollo es mejor porque existe una menor tensión competitiva, pero no se logran los rendimientos esperados por área de superficie, porque las poblaciones son insuficientes (Myers, 1974; citado por Olivares, 1986).

Torres (1997) observó un aumento en la longitud de los tallos desde 459 cm (30 x 80 cm) a 771 cm (50 x 240 cm), por lo que la producción de hojas también se incrementó. En cuanto al valor nutritivo, trabajos realizados en condiciones tropicales donde se evaluaron tres densidades de plantación (60, 90 y 120 cm), comprobaron un efecto significativo de la densidad de plantación en el contenido de PB de hojas, mientras que para la concentración de cenizas y FDN no se observaron diferencias significativas entre densidades. En los tallos, la densidad de plantación sólo causó variaciones en uno de los tres componentes del valor nutritivo evaluados, las cenizas. Además, Boschini (2000b), destaca que la concentración proteica registrada en las hojas fue tres veces la obtenida en los tallos y observó dos a tres veces más cenizas en las hojas que en los tallos. Al comparar las hojas alfalfa (17%) con las de morera, estas últimas presentan un contenido superior de PB (24%). Las hojas de morera tienen un 33% de FDN y en la alfalfa el porcentaje de FDN es de 40%.

Frecuencias de corte

La altura de la planta, el diámetro de tallos, el número de hojas, el número de rebrotes por planta y el rendimiento total son indicadores que variarán de acuerdo al manejo realizado. Esto se explica, porque en la medida que el período desde el establecimiento de la planta hasta la primera intervención sea más prolongado, se logrará un mayor desarrollo de la planta. Por otra parte, la planta tendrá un sistema radicular más desarrollado, y esto la beneficiará (Cifuentes y Wook, 1992). Alonso et al., 2000 en estudios realizados en Cuba con morera, demostraron que existe diferencia al trabajar con distintos momentos de intervención en las plantas, posterior al establecimiento de ellas; así, la altura de las plantas fue mayor (2,84 m) cuando el primer corte se realizó a los 270 días después de la siembra y la menor altura se obtuvo cuando la planta se cortó a los 90 días (1,56 m).

Los mayores valores del rendimiento y del diámetro de tallo, se alcanzaron en el tratamiento de 270 días. Con respecto al número de tallos nuevos, luego del primer corte se observó interacción entre las variedades y la edad de la planta al cortar. El mayor número de rebrotes y de hojas por planta, se encontró al cortar luego de 270 días, no coincidiendo esto con lo planteado por otros autores que señalan que, en Costa Rica la morera con 1 año de establecida tendría pocas hojas, debido a que la vida promedio de ellas oscilaría entre 90 y 120 días. Esto podría explicarse por las distintas variedades utilizadas en cada ensayo, ya que los comportamientos estarían relacionados con las características botánicas de cada una de ellas (Alonso et al., 2000). En estudios realizados en Cuba con la especie *Morus alba*, variedad Tigreada, la producción de materia seca total, demostró la existencia de diferencias entre frecuencias de corte, no así entre las alturas de poda, no existiendo interacción entre ambos factores. Además, la proporción de fitomasa comestible disminuyó al aumentar la altura y el intervalo de corte (Cuadro 2).

Cuadro 2. Influencia de la altura y la frecuencia de corte en la producción de fitomasa en *Morus alba* (g ms/planta /año).

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Variable	Altura (cm)		Frecuencia (días)		
	50	100	45	60	90
Fitomasa total	649,9	669,9	536,5 b	513,8 b	1030,6 a
Fitomasa comestible	532,5	453,3	456,1 b	377,6 b	645,2 a
% B.C	82	68	85	74	63

% B.C: proporción de fitomasa comestible de la fitomasa total.

Letras diferentes sobre filas indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

Fuente: Martín et al., 2000.

La frecuencia de corte influyó en la proporción de los componentes de la fitomasa, no así la altura de corte. El porcentaje de hojas disminuyó desde un 65% en la frecuencia de corte de 45 días, a un 47,5% en la frecuencia de corte de 90 días, y la proporción de tallos tiernos lo hizo de un 19,5% a un 15,5%.

En otro trabajo se evaluaron las frecuencias de corte de 45, 60, 75 y 90 días, encontrándose diferencias en la producción de fitomasa total (Cuadro 3). En todos los componentes, los mayores valores se alcanzaron con la frecuencia de 90 días (Martín et al., 2000).

Cuadro 3. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de fitomasa total de morera y en sus componentes (ton/ms/ha).

Variables	Frecuencia de corte (días)			
	45	60	75	90
Tallo no comestible	0,06	0,38	1,15	3,38
Tallo comestible	0,33	0,41	0,82	0,83
Hojas	2,70	2,60	3,79	5,24
Fitomasa total	3,09	3,39	5,76	9,45

Fuente: Martín et al., 2000.

Para la proteína bruta, se observó una disminución con el incremento de la frecuencia de corte, lo cual se explica por el aumento de la lignificación. Analizando la producción de materia seca de la fitomasa total (9,45 ton/ha) y su contenido de PB (15,63%), se concluyó que se podría producir 1,5 toneladas de PB/ha, resultados similares a los que se obtienen con la soya transgénica en un año. Trabajos realizados por Boschini (2000b) indican que, contrariamente a lo observado con la densidad de plantación, la frecuencia de corte tuvo un efecto realmente importante en la acumulación de nutrientes, en las frecuencias de corte evaluadas (56, 84 y 112 días). Con cortes frecuentes, las concentraciones proteicas de hojas y tallos fueron altas. Al cortar con menor frecuencia, el contenido de FDN de tallos se incrementó. El porcentaje de cenizas de las hojas aumentó al disminuir la frecuencia de corte, sin embargo en los tallos se redujo. La lignina representó entre un 15 y 18% de la pared celular de las hojas y entre un 11 y 15% de la pared celular de los tallos, los cuales fueron usados para estimar la

digestibilidad de la morera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Lugar del ensayo

El estudio se realizó en el Módulo Experimental y en el Laboratorio de Nutrición Animal, ambos del Departamento de Producción Animal, en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33°40' latitud sur y 70°38' latitud oeste).

Material vegetal

Se utilizó una plantación de *Morus multicaulis*, compuesta por 224 plantas provenientes de estacas cortadas en mayo – junio del año 2002 en la ciudad de Temuco, y sometidas a procesos de enraizamiento con enraizante ANASAC. Las plantas fueron transplantadas

el 9 de septiembre del 2002 a terreno definitivo, siendo fertilizadas con una mezcla de 25 unidades de N como Salitre Potásico ($\text{NaNO}_3\text{KNO}_3$), 115 unidades de P como Superfosfato Triple ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{OPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 66 unidades de K como Cloruro de Potasio (KCL) y 15 unidades de Mg como Sulfato de Magnesio (MgSO_4) (SOQUIMICH, 2001).

Instrumentos de laboratorio

Para el desarrollo del estudio en terreno, se empleó huincha de medir, pie de metro, tijera podadora y bolsas de papel. Para el trabajo en laboratorio, se utilizó una balanza de precisión, una balanza analítica, una estufa deshidratadora con un máximo de temperatura de 100° C y aire forzado, una estufa con un máximo de temperatura de 250° C, un molino de laboratorio, una mufla, un digestor y un destilador de Kjeldahl, un determinador de fibra, y un calorímetro de bomba balístico.

Método

Se trabajó con 3 densidades de plantación y 4 hileras por densidad:

Densidad alta (da): 50 x 50 cm (40.000 plantas/ha)

Densidad media (dm): 75 x 75 cm (17.777 plantas/ha)

Densidad baja (db): 100 x 100 cm (10.000 plantas/ha)

Se realizó un corte inicial a 40 cm. sobre el nivel del suelo, el día 28 de enero del año 2002, con el fin de uniformar la altura de las plantas. Dentro de cada densidad de plantación, se realizaron tres frecuencias de corte: cada 30 (3 cortes), 60 (2 cortes) y 90 días (1 corte). Las fechas de corte fueron los siguientes:

30 días: 28 de Enero, 4 de Marzo, 9 de Abril y 3 de Mayo.

60 días: 28 de Enero, 31 de Marzo y 9 de Junio.

90 días: 28 de Enero y 30 de Abril.

Los cortes se realizaron a 50 cm. de altura y fueron identificadas, dentro de cada densidad, las plantas de tres hileras con un número y letra seriado. Las plantas de los extremos norte, sur, oriente y poniente, no fueron utilizadas en el ensayo para eliminar el efecto borde.

En cada frecuencia de corte se midieron los siguientes parámetros:

Peso seco de materia seca total, hojas y tallos.

Valor nutritivo de las hojas y los tallos:

Determinaciones: Materia seca (MS), Proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad (DAPMS), energía bruta (EB) y cenizas.

La materia seca aérea se cosechó en bolsas de papel para determinar el rendimiento en 12 plantas de cada subparcela. Las hojas y los tallos fueron separados en cuatro plantas elegidas al azar, para la determinación del valor nutritivo. Luego de ser pesadas en fresco, las muestras se secaron en una estufa con aire forzado a 70° C, se pesaron en seco, y en seguida se molieron a 1mm de espesor.

La proteína bruta (PB) de hojas y tallos, se determinó mediante el análisis químico del N de la muestra (método de Kjeldahl), para lo cual se utilizó un macrodestilador de Kjeldahl automático BÜCHI. El contenido de proteína se obtuvo al multiplicar el N por el factor 6,25.

La proporción de cenizas de hojas y tallos, se determinó por calcinación de la muestra en una mufla 600° C, durante 2 hrs., aproximadamente (A.O.A.C., 1990).

La fibra detergente neutro (FDN) de hojas y tallos, se analizó en un determinador de fibra VELP, según el método propuesto por Goering y Van Soest (1970).

La digestibilidad aparente de la materia seca (DAPMS) de hojas y tallos, se determinó según el método de digestibilidad enzimática y ecuaciones propuestas por Cerda et al., (1987).

La energía bruta (EB) de hojas y tallos, se determinó por combustión en presencia de O₂ para lo cual se utilizó un calorímetro de bomba balístico GALLENKAMP, y los resultados fueron expresados en Mcal/kg MS. El cálculo de la Energía Digestible se obtuvo mediante la fórmula ED = EB x %DAPMS (N.R.C., 1984).

Los resultados de las determinaciones, fueron ponderados en base al valor de materia seca total, el cual se obtuvo al secar las muestras en una estufa a 105° C, hasta peso constante.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un factorial de 3 x 3, con 12 repeticiones, en parcelas divididas, donde la parcela estuvo representada por las distintas densidades, y la subparcela por las frecuencias de corte.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y = \mu + D_i + \epsilon_{ij} + F_{ck} + (D \times F_c)_{ik} + \square_{ijk}$$

Y = respuesta

μ = promedio general

D_i = efecto densidad de plantación (i = 1...3)

F_{ck} = efecto frecuencia de corte (k = 1...3)

(D x F_c) = efecto interacción densidad y frecuencia de corte.

ϵ_{ij} y \square_{ijk} = errores experimentales correspondientes a parcelas y a subparcelas, respectivamente.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza factorial, según el modelo propuesto y se hicieron comparaciones múltiples en las densidades, en las frecuencias de corte y en la interacción de ambos factores, aplicando la prueba SNK. Se trabajó con el programa estadístico SIGMA STAT 2.0 en el caso de la materia seca cosechada y para el análisis del valor nutritivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de materia seca (MS) total.

1.1 Producción de MS/ha.

La producción de MS por superficie disminuyó al disminuir la densidad de plantación en las tres frecuencias de corte evaluadas, debido a que a pesar de la reducción en la competencia en las menores densidades el número de plantas no sería suficiente para obtener mayores rendimientos por superficie. Resultados similares a los registrados en las densidades alta y media, logró Boschini (2000a) quien trabajó en Guatemala con distancias entre las plantas de 60 y 80 cm, alcanzando rendimientos de MS de 1 a 4,6 ton/ha/corte. A los 30 días, la densidad alta produjo 49,9% más que la densidad media y 68,8% más que la densidad baja. Estas diferencias porcentuales disminuyeron en la frecuencia de 60 días, donde la densidad alta superó en 43,4% a la densidad media y en 63,7% a la densidad baja. A los 90 días, la densidad alta presentó 30,9% más producción de MS/ha que la densidad media y 51,6 % respecto de la densidad baja. Al respecto, Mishra et al., (1963) citados por Soto (1989), señalan que con una alta densidad de

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

plantas se obtiene un mayor rendimiento de materia seca, pero a la vez un forraje de baja calidad debido a un menor contenido proteico (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de MS (kg/ha) de morera en tres frecuencias de corte.

Frec. de corte	30 días	CV	60 días	CV	90 días	CV
Dens. plantación	Total (3 cortes)	(%)	Total (2 cortes)	(%)	Total (1 corte)	(%)
Dens. alta	5834,29 a	19	5928,00 a	25	6620,00 a	23
Dens. media	2923,05 b	12	3356,30 b	25	4573,13 b	20
Dens. baja	1818,57 c	10	2149,00 c	16	3206,67 c	15

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

1.2 Producción promedio de MS/ha/día.

Se calcularon las producciones diarias de MS, dividiendo los rendimientos totales correspondientes a cada período en 90, 120 y 90 días, para las frecuencias de 30, 60 y 90 días, respectivamente. De esta manera, en las tres frecuencias de corte, la producción promedio diaria de MS por superficie disminuyó al disminuir la densidad de plantación, observándose en la Fig. 1, una mayor diferencia significativa de producción de MS entre la densidad alta y la densidad media, para la frecuencia de 30 días. Además destacan los altos valores obtenidos en la frecuencia de 90 días, respecto de las dos frecuencias restantes, debido a que el período de crecimiento fue continuo realizándose un solo corte, mientras que a los 30 y 60 días se efectuaron 3 y 2 cortes respectivamente, lo cual intervendría con el desarrollo morfofisiológico de las plantas (Cifuentes y Wook, 1992). Al respecto, Wilson (1976), citado por Nelson y Moser (1994), señala que los cortes en las plantas reducen su rendimiento y persistencia (Cuadro 4).

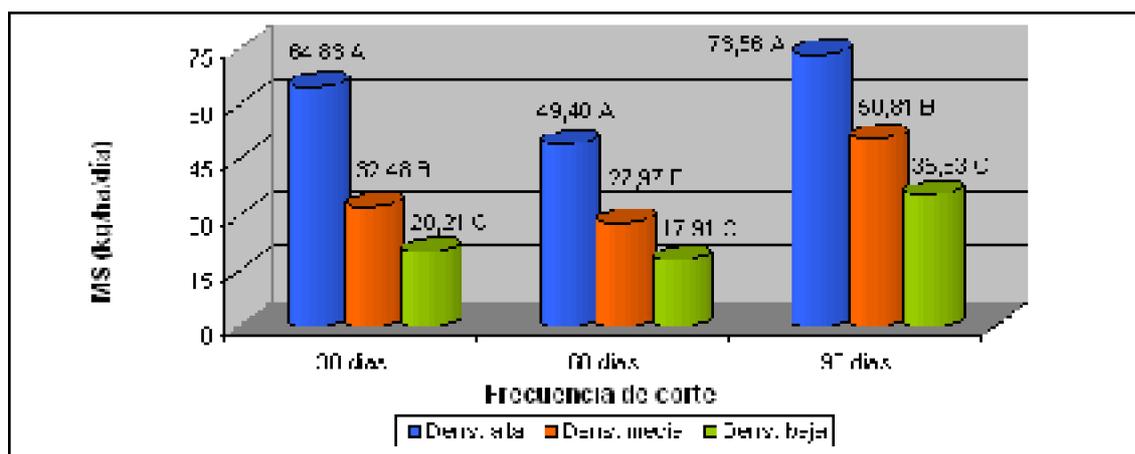


Figura 1. Producción diaria promedio de MS (kg/ha/día) en tres frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la densidad de plantación ($p \leq 0,05$).

Los resultados obtenidos en la densidad alta de cada frecuencia, superan a la producción diaria promedio de segunda temporada de 4 variedades de alfalfa, observada

entre noviembre y mayo en el secano de la VIII Región (Caro et al., 1992).

A su vez, en la X Región, las producciones de alfalfa de 2ª temporada obtenidas entre los meses de octubre y abril, se encontraron entre 59 y 66 kg/ha/día (Parga, 1995), acercándose a los valores registrados en la densidad alta de las frecuencias de 30 y 90 días.

1.3 Producción de MS por planta.

La producción de MS por planta aumentó al disminuir la densidad de plantación en las tres frecuencias evaluadas, lo cual se explicaría por una reducción de la competencia por agua y nutrientes en el suelo (Boschini, 2000a). En la frecuencia de 30 días, la densidad baja presentó una producción de MS por planta 19,8% mayor respecto de la densidad alta, superando en 9,6% a la densidad media. La densidad baja, produjo 31% más que la densidad alta, y un 12,1% más que la densidad media, en la frecuencia de 60 días. A los 90 días, las diferencias porcentuales se incrementaron, y en la densidad baja cada planta rindió 48,3% más que las plantas de la densidad alta. Con respecto a la densidad media, la diferencia fue de 19,7%. Duncan, (1958) citado por Urtasun, (1995) señala que los rendimientos individuales de las plantas decrecen con el aumento de la densidad poblacional, tal como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Producción de MS (g/planta) de morera en tres frecuencias de corte.

Frec. de corte	30 días	CV	60 días	CV	90 días	CV
Dens. plantación	Total (3cortes)	(%)	Total (2 cortes)	(%)	Total (1 corte)	(%)
Dens. alta	145,86 c	19	148,20 c	25	165,50 c	23
Dens. media	164,43 b	12	188,80 b	25	257,25 b	20
Dens. baja	181,86 a	10	214,90 a	16	320,67 a	15

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

1.4 Producción diaria promedio de MS por planta.

En la Fig. 2, se observa claramente que al disminuir la frecuencia de corte el efecto de la densidad de plantación sobre la producción diaria de MS por planta aumenta, lo cual no se observó en el punto 1.3, es decir, con la madurez las plantas se verían más afectadas por la competencia, ya que se han desarrollado, generando un mayor número de hojas y tallos, e incrementarían sus demandas por nutrientes, agua y luz. Los resultados obtenidos al trabajar con un intervalo de 90 días fueron significativamente mayores (Fig. 2).

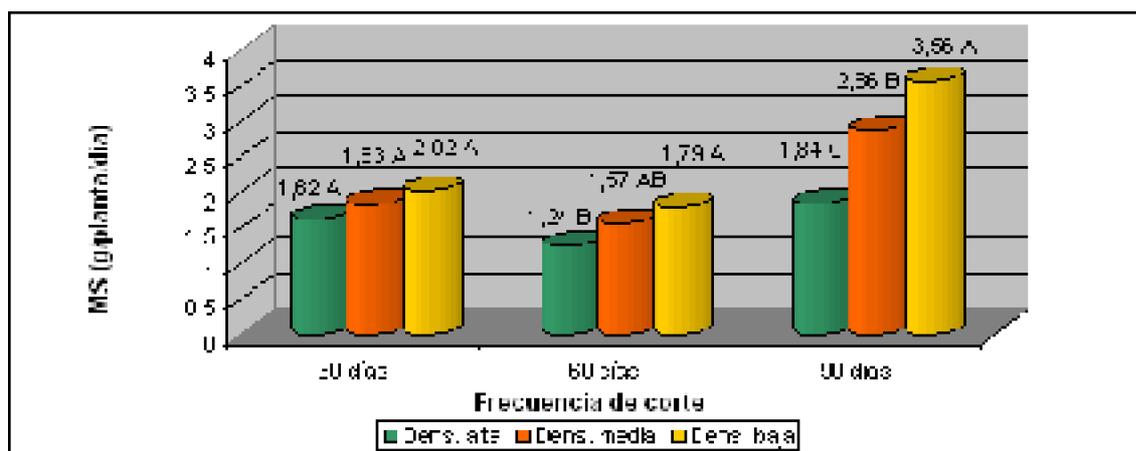


Figura 2. Efecto de la densidad de plantación en la producción de MS (g/planta/día).

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la densidad de plantación ($p \leq 0,05$).

2. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de hojas en MS.

2.1 Producción de hojas/ha.

La producción de hojas en MS, disminuyó al disminuir la densidad de plantación, debido a un menor número de plantas (Olivares, 1986). La densidad alta, produjo 48,7% más de hojas que la densidad media y 67,7% más que la densidad baja, en la frecuencia de corte de 30 días. A los 60 días, se registró una diferencia porcentual de 43,5% entre la densidad alta y la densidad media, y de 62,9% con la densidad baja. Para la frecuencia de 90 días, la densidad alta presentó una producción de hojas 33,2% superior a la que se observó en la densidad media, y 52,2% mayor respecto de la densidad baja.

Cuadro 6. Producción de hojas en tres frecuencias de corte (kg/ha).

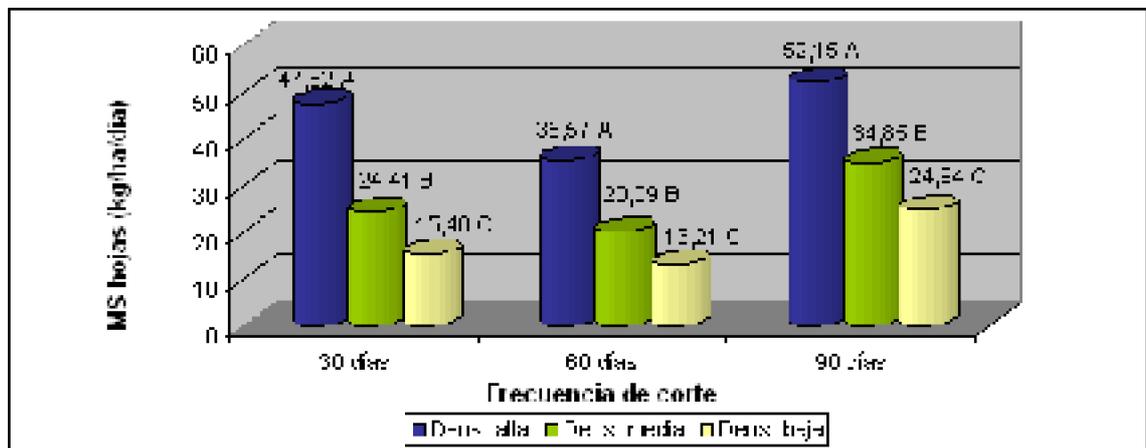
Frec. de corte	30 días	CV	60 días	CV	90 días	CV
Dens. plantación	Total (3 cortes)	(%)	Total (2 cortes)	(%)	Total (1 corte)	(%)
Dens. alta	4285,71 a	22	4268,00 a	24	4693,33 a	22
Dens. media	2196,73 b	13	2410,56 b	26	3136,16 b	19
Dens. baja	1385,71 c	11	1585,00 c	15	2244,17 c	13

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

2.2 Producción promedio de hojas por día.

En las tres frecuencia de corte evaluadas, se observó una disminución en la producción de hojas al disminuir la densidad de plantación, obteniéndose a los 30 días, tal como ocurrió en la producción de MS total por planta, una diferencia mayor entre la densidad alta y la densidad media, con respecto a lo observado en las restantes frecuencias de corte, por lo que se puede concluir que el número de plantas establecidas influiría en mayor medida en los resultados en esta frecuencia de corte. En la Fig. 3, destacan las producciones de hojas obtenidas en la frecuencia de 90 días, alejándose de los valores observados al evaluar intervalos de corte más frecuentes (Fig. 3).

Figura 3. Efecto de la densidad de plantación en la producción promedio de MS de hojas.



Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la densidad de plantación ($p \leq 0,05$).

2.3 Producción de hojas por planta.

Al analizar los efectos de distintas densidades sobre la producción de hojas por planta, no se presentaron diferencias significativas en la frecuencia de 30 días, sin embargo a los 60 días, se obtuvo un valor significativamente menor en la densidad alta, registrándose en la frecuencia de 90 días un aumento significativo en la producción de hojas, al disminuir la densidad de plantación. A los 60 días, se observó en la densidad baja un valor 32,7% mayor al alcanzado en la densidad alta, y en la densidad media la producción de hojas fue 21,3 % superior a la obtenida en la densidad alta. A los 90 días, la densidad baja presentó una producción 47,7% y 21,4% mayor respecto de la densidad alta y media, respectivamente.

Cuadro 7. Producción de MS de hojas (g/planta) en tres frecuencias de corte.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Frec. de corte	30 días	CV	60 días	CV	90 días	CV
Dens. plantación	Total (3 cortes)	(%)	Total (2 cortes)	(%)	Total (1 corte)	(%)
Dens. alta	107,14 a	22	106,70 b	24	117,33 c	22
Dens. media	123,57 a	13	135,60 a	26	176,42 b	19
Dens. baja	138,57 a	11	158,50 a	15	224,42 a	13

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

2.4 Producción diaria promedio de hojas por planta.

En cuanto a la producción diaria de hojas por planta, se observó un aumento significativo al disminuir la densidad de plantación en las frecuencias de 60 y 90 días, presentándose las mayores diferencias en la frecuencia de 90 días, donde el espacio entre plantas influiría en mayor medida en la captación de luz para realizar fotosíntesis, debido un mayor número de hojas en las plantas, explicado por el menor número de intervenciones realizadas en ellas, respecto de las restantes frecuencias de corte (Fig. 4).

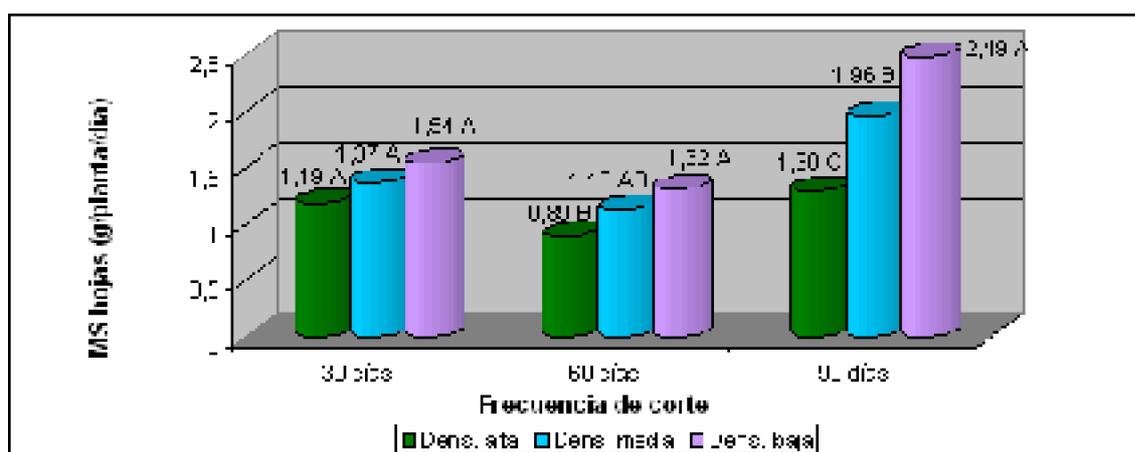


Figura 4. Efecto de la densidad de plantación en la producción promedio de MS de hojas.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la densidad de plantación ($p \leq 0,05$).

3. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de MS en tallos.

3.1 Producción de tallos/ha.

La producción de tallos, disminuyó al disminuir la densidad de plantación en las tres frecuencias de corte, tal como se observó en las hojas. En la frecuencia de 30 días, la

densidad alta presentó un rendimiento 53,1% más alto al registrado en la densidad media y 72% superior, respecto al de la densidad baja. La densidad alta, produjo 43% más que la densidad media y 66% más que la densidad baja, en la frecuencia de 60 días. Por último, a los 90 días las diferencias porcentuales se redujeron, produciendo la densidad alta 25,4% más cantidad de tallos que la densidad media y 50% más que la densidad baja (Cuadro 8).

Cuadro 8. Producción de tallos en tres frecuencias de corte (kg/ha).

Frec. de corte	30 días	CV	60 días	CV	90 días	CV
Dens. plantación	Total (3 cortes)	(%)	Total (2 cortes)	(%)	Total (1 corte)	(%)
Dens. alta	1548,57 a	14	1660,00 a	27	1926,67 a	30
Dens. media	726,32 b	11	945,74 b	24	1436,97 b	24
Dens. baja	432,86 c	8	564,00 c	17	962,50 c	21

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

3.2 Producción promedio diaria de tallos por hectárea.

En las tres frecuencias de corte, la producción diaria de tallos por superficie disminuyó significativamente al disminuir la densidad de plantación, tal como se observó en el punto 3.1, obteniéndose a los 30 días una diferencia mayor entre la densidad alta y la media, lo cual también ocurrió en la producción de MS/ha/día (Fig. 5).

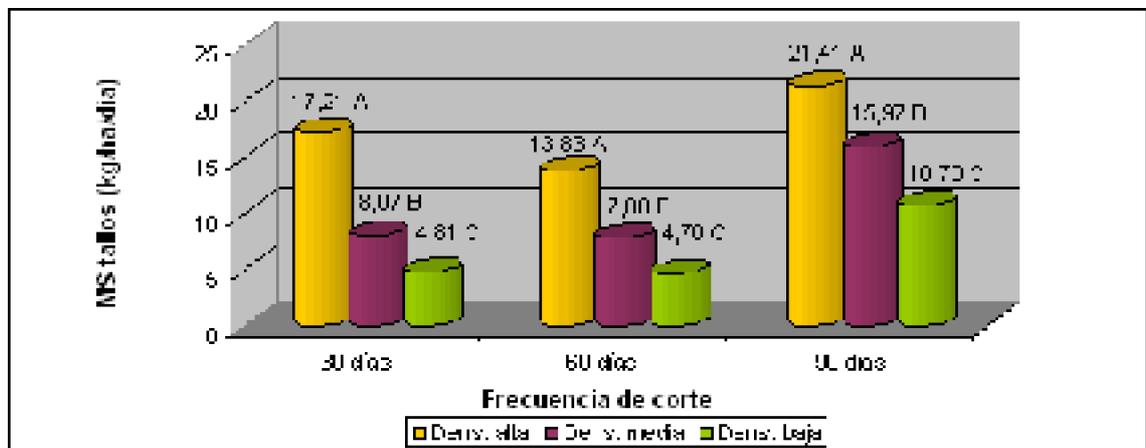


Figura 5. Efecto de la densidad de plantación en la producción promedio de MS de tallos.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la densidad de plantación ($p \leq 0,05$).

3.3 Producción de tallos por planta.

Al evaluar los efectos de las distintas densidades sobre la producción de tallos por planta, no se presentó diferencia significativa en la frecuencia de 30 días, pero si en las frecuencias de 60 y 90 días. En la frecuencia de 60 días, la densidad baja presentó un

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

valor significativamente superior al de la densidad alta, produciendo 26,2% más tallos, y no se apreció diferencia con la densidad media. A los 90 días, la producción de tallos se incrementó significativamente a medida que bajó la densidad, produciendo la densidad baja 49,9% más tallos por planta que la densidad alta, y 16% más que la densidad media. De esta manera, al disminuir la frecuencia de corte el efecto de la densidad de plantación sobre la producción de tallos por planta aumentó, tal como ocurrió en las hojas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción de tallos (g/planta) en tres frecuencias de corte.

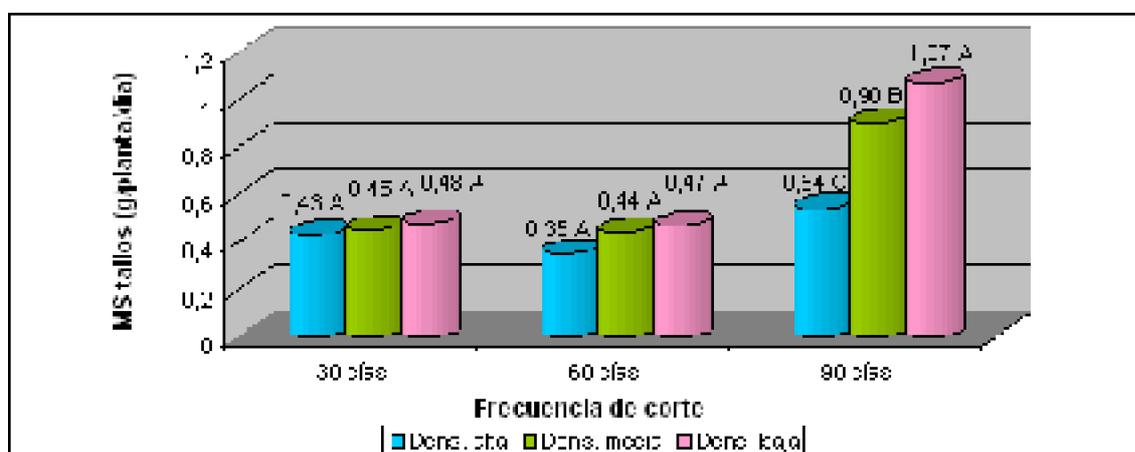
Frec. de corte	30 días	CV	60 días	CV	90 días	CV
Dens. plantación	Total (3 cortes)	(%)	Total (2 cortes)	(%)	Total (1 corte)	(%)
Dens. alta	38,71 a	14	41,50 b	27	48,17 c	30
Dens. media	40,86 a	11	53,20 ab	24	80,83 b	24
Dens. baja	43,29 a	8	56,40 a	17	96,25 a	21

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

3.4 Producción diaria promedio de tallos por planta.

Al analizar los efectos de las distintas densidades sobre la producción diaria de tallos por planta para cada frecuencia de corte, se obtuvo una tendencia a aumentar al disminuir la densidad, siendo esta tendencia significativa sólo a los 90 días, tal como se observó en el rendimiento por frecuencia de corte y como ocurrió en las hojas (Fig. 6).

Figura 6. Producción promedio de tallos (g/planta/día).



Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la densidad de plantación ($p \leq 0,05$).

4. Efecto de la densidad de plantación sobre el valor

nutritivo de hojas y tallos.

4.1 Concentración de proteína bruta de hojas y tallos.

En las tres frecuencias de corte evaluadas, se obtuvo el menor valor en la densidad alta, con respecto a los porcentajes de PB de hojas alcanzados en las densidades media y baja, pero sólo en la frecuencia de 90 días se observó una diferencia significativa ($p \leq 0,05$), presentando la densidad media una concentración proteica 15,1% mayor y la densidad baja 19,8% superior respecto de la densidad alta, ya que las hojas habrían disminuido sus tasas fotosintéticas individuales producto de la sombra, y las plantas competirían por el agua, los nutrientes y la luz al encontrarse a una distancia menor (Cuadro 10). Por otra parte, las plantas de la densidad baja se desarrollarían y madurarían lentamente con respecto a las plantas de la densidad alta debido, posiblemente, a una menor competencia entre ellas, lo cual se confirma con el menor porcentaje de FDN observado en esta densidad (Cuadro 14).

Cuadro 10. Variación de contenido de PB (%) de hojas según densidad en tres frecuencias.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	20,83 a	17	18,27 a	24	16,26 b	19
Dens. media	21,60 a	24	20,59 a	22	19,16 a	18
Dens. baja	21,70 a	22	19,90 a	18	20,28 a	17

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Hernández (2003), reporta un promedio de 23% para hojas de morera adulta en la zona central de Chile, parecido a los resultados obtenidos a los 30 días. Además, los resultados obtenidos en hojas de morera se acercan a los contenidos de proteína de las leguminosas de grano. En este grupo, destaca el lupino con un 35% de PB, las habas entre 27-30% de PB, las arvejas con un 25% de PB y el lino con un 24% de PB (Pichard, 1993).

La densidad de plantación, no tuvo un efecto significativo en la concentración proteica de tallos en ninguna de las tres frecuencias de corte (Cuadro 11). Al respecto, Bolger y Meyer (1983), citados por Nelson y Moser (1994), encontraron que los niveles de PB no fueron afectados por la densidad de plantación de la alfalfa, durante el primer año de producción.

Cuadro 11. PB (%) en tallos de morera para tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	15,33 a	11	12,66 a	48	8,30 a	15
Dens. media	15,80 a	7	11,75 a	25	9,14 a	12
Dens. baja	14,25 a	3	10,26 a	1	9,89 a	9

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

4.2 Concentración de cenizas de hojas y tallos.

La densidad de plantación, no determinó diferencias significativas en los porcentajes de cenizas de las hojas de morera, lo cual tampoco ocurrió con la ED, ya que estos dos componentes del valor nutritivo estarían relacionados por la utilización de minerales para el metabolismo energético de las hojas. Jahn et al., (2000) trabajando con un alfalar de tercer y cuarto año, determinaron un porcentaje promedio de cenizas de 7,2%, inferior a lo observado en este estudio para hojas de morera. Resultados similares a los observados en el Cuadro 12, reporta Hernández (2003) para especies adultas de morera ubicadas en tres localidades de la zona central de Chile. En San José de Maipú, el contenido mineral registrado para hojas de *Morus alba* fue de 14,47%, en Los Andes de 12,71%, y en Angostura de Paine, para *Morus multicaulis*, el porcentaje de cenizas obtenido fue 11,52%.

Cuadro 12. Contenido de cenizas de hojas (%) en tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	11,65 a	14	12,62 a	11	13,75 a	4
Dens. media	12,54 a	3	13,48 a	3	14,91 a	15
Dens. baja	13,43 a	6	11,62 a	27	14,91 a	7

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

La densidad de plantación, no tuvo efectos significativos sobre la concentración de cenizas de tallos en cada frecuencia de corte, observándose los valores más bajos en la densidad alta, en las tres frecuencias de corte evaluadas. Resultados similares a los obtenidos a los 30 días reportan Fernández et al., (2002) para una pradera permanente (*Lolium perenne*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus*, *Poa annua* y *Trifolium repens* y especies de hoja ancha) ubicada en la X Región, donde el contenido mineral para los meses de septiembre, octubre y noviembre fue de 11,1%, 12,6% y 10,8%, respectivamente. Fernández et al., (2002) obtuvieron valores de 6,84% y 6,07% de cenizas para 2 concentrados, en base a coseta y en base a cereal, respectivamente, acercándose bastante a los resultados obtenidos en tallos de morera, luego de 60 días de crecimiento (Cuadro 13).

Cuadro 13. Contenido de cenizas de tallos en tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	11,12 a	3	6,95 a	5	5,05 a	4
Dens. media	12,50 a	0,5	7,19 a	1	5,44 a	12
Dens. baja	11,90 a	7	7,39 a	14	5,87 a	18

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

4.3 Contenido de FDN en hojas y tallos.

Como se observa en el Cuadro 14, a los 30 días no se presentaron diferencias significativas entre densidades. Sin embargo, en las frecuencias de 60 y 90 días, la concentración de FDN de hojas fue significativamente mayor en la densidad alta, con respecto a los valores obtenidos en las densidades media y baja. A los 60 días, la densidad alta superó en 10,7% y 12,8% a las densidades media y baja, y en la frecuencia de 90 días la densidad alta presentó un valor 16,6% y 20,9% mayor respecto de las densidades media y baja. En consecuencia, al disminuir la frecuencia de corte el efecto de la densidad de plantación sobre el contenido de FDN de las hojas aumentó.

Cuadro 14. Porcentaje de FDN de hojas en tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	24,36 a	8	27,43 a	7	28,82 a	15
Dens. media	25,59 a	12	24,48 b	13	24,01 b	10
Dens. baja	25,28 a	11	23,90 b	9	22,77 b	8

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

En las plantas cortadas con una frecuencia de 30 días, la densidad de plantación no afectó significativamente el contenido de FDN de tallos, pero si a los 60 días donde las tres densidades presentaron valores significativamente diferentes con una clara tendencia a aumentar con densidades más bajas. La densidad baja, presentó un 15% más FDN que la densidad alta y fue 7,1% superior a la densidad media (Cuadro 11). No se produjeron diferencias significativas entre densidades en la frecuencia de 90 días (Cuadro 15). Los porcentajes de FDN de tallos, fueron superiores a los obtenidos en hojas. Esto se debería a que las células del mesófilo de las hojas, que constituyen gran parte del tejido foliar, poseen contenidos altos de proteína.

También, las hojas poseen células meristemáticas con una pared celular primaria delgada y colénquima, tejido con gruesas paredes lignificadas, cerca de las nervaduras o en los bordes. Además, con la edad la calidad de las hojas decrece a una tasa menor que la de los tallos. (Nelson y Moser, 1994).

Cuadro 15. Porcentaje de FDN de tallos en tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	45,92 a	6	50,89 c	19	57,15 a	8
Dens. media	45,19 a	6	55,60 b	7	57,52 a	5
Dens. baja	45,77 a	4	59,91 a	4	57,14 a	10

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

4.4 DAPMS de hojas y tallos.

Al analizar el efecto de la densidad de plantación sobre la DAPMS de las hojas, no se obtuvieron diferencias significativas a los 30 días, tal como se observó en los contenidos de FDN en el Cuadro 14. En la frecuencia de 60 días, se registró un valor significativamente mayor en un 3,5% en la densidad baja con respecto al valor alcanzado en la densidad alta, siendo los porcentajes de FDN de las hojas (27,43% y 23,90%, respectivamente) inversos a las digestibilidades, en ambas densidades. Este comportamiento, se debe a que las variaciones en la composición química que más afectan a la digestibilidad son las relacionadas con los componentes de la pared celular, en la medida que aumentan su concentración (Riveros, 1986). A los 90 días, la densidad baja presentó un valor 3,1% mayor al que se obtuvo en la densidad alta, diferencia similar a la observada en la frecuencia de 60 días entre dichas densidades, superando la densidad media a la densidad alta en 3,8% (Cuadro 16).

Este resultado, se debe a que el porcentaje de FDN de las hojas fue mayor en la densidad alta (28,82%), en comparación a los porcentajes obtenidos en las densidades media y baja (24,01% y 22,77%). Los valores obtenidos, concuerdan con el promedio alcanzado por Hernández (2003), para la DAPMS de hojas que fue de 88,33%. Por su parte, Benavides (2000) determinó que las variaciones de digestibilidad observadas en hojas de *Morus alba* en condiciones tropicales, se producirían por factores ambientales e implicarían una calidad igual o superior a los concentrados comerciales.

Cuadro 16. Efecto de la densidad de plantación en la DAPMS de hojas.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	89,52 a	4	85,32 b	4	86,35 b	5
Dens. media	89,55 a	5	86,01 ab	3	89,78 a	6
Dens. baja	88,14 a	5	88,46 a	0,2	89,12 a	8

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Para la DAPMS de tallos, se obtuvo a los 30 días un valor significativamente mayor en la densidad alta que superó en 3,8% y 4,3% a los valores observados en las densidades media y baja, respectivamente, observándose una disminución en la DAPMS de tallos en la frecuencia de 60 días al bajar la densidad de plantación, esperable debido a un aumento en los valores de FDN. La densidad alta, presentó una DAPMS 4,2 % más alta que la densidad media y 13,9% mayor respecto a la densidad baja. Por su parte, a los 90 días la densidad alta mostró un valor significativamente menor, siendo superado en 10,8% por la densidad media y en 13,3% por la densidad baja (Cuadro 17).

Trabajos realizados en Costa Rica, determinaron una DAPMS para tallos de 51,70%, similar a los valores registrados en la frecuencia de corte de 90 días (Gómez, 1999). A su vez, Hernández (2003) obtuvo valores que fluctuaron entre 66,82% y 41,29 % para tallos de morera en la zona central de Chile.

Cuadro 17. Efecto de la densidad de plantación en la DAPMS de tallos.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	74,07 a	6	56,27 a	12	45,68 b	7
Dens. media	71,21 b	11	53,88 b	1	51,23 a	13
Dens. baja	70,84 b	8	48,42 c	18	52,71 a	5

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

4.5 Concentración de ED en hojas y tallos.

En las hojas, la densidad baja presentó en la frecuencia de 30 días un valor de ED significativamente menor que los valores obtenidos en las densidades alta y media, debido a una alta concentración de cenizas observada en la densidad menor (13,66%), que reduciría la digestibilidad e incidiría en la ED, revelando el efecto dilutivo de los minerales sobre la concentración energética (Cuadro 18). A los 60 y 90 días, la densidad de plantación no afectó significativamente la ED de las hojas, demostrando estos resultados que al aumentar el período de crecimiento intercorte, el factor densidad de plantación comenzaría a disminuir su efecto sobre la concentración energética de las hojas.

Cuadro 18. Concentración energética (Mcal/kg) de hojas en tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)
Dens. alta	4,05 a	3	3,85 a	10	3,75 a	5
Dens. media	4,02 a	7	3,95 a	6	3,80 a	4
Dens. baja	3,84 b	6	3,95 a	2	3,80 a	9

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Al comparar estos valores con el aporte que realizan a la dieta distintos forrajes, se puede decir que las hojas de morera superan a los tres primeros alimentos que se observan en el Cuadro 19, acercándose estos valores al aporte energético que realizan los insumos utilizados en los concentrados en dietas para rumiantes.

Cuadro 19. Aporte energético de forrajes e insumos utilizados en alimentación animal.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Insumo	Energía Digestible (Mcal/kg MS)
Ensilaje de maíz	3,29
Ensilaje de trébol rosado	2,72
Heno de alfalfa	2,68
Maíz	3,98
Afrecho de soya	3,57
Cebada	3,73
Harina de Pescado	2,97
Morera	3,89

Fuente. Hazard et al., 2001.

Hernández (2003), obtuvo resultados similares en hojas de *Morus multicaulis* para el período de crecimiento entre agosto 2002 y enero 2003: 4,20 a 3,20 Mcal/Kg. MS en San José de Maipo; 4,08 a 3,30 Mcal/Kg. MS en Los Andes; y 4,49 a 3,42 Mcal/kg MS en Angostura de Paine.

Los valores obtenidos, son semejantes al aporte de ED del grano de lupino, según la especie de la que se trate: 3,93 Mcal /kg MS, 3,81 Mcal/kg MS y 3,03 Mcal/kg MS, que también es un suplemento proteico (Catrileo y Rojas, 1995); también superan a los reportados por Pichard (1993), citando a INRA (1979), y Lockhart y Wiseman (1984), quien informa de niveles de ED de 3,34 Mcal/kg MS para los granos de arveja, lupino y lino; y de 3,58 Mcal/kg MS para los granos de habas. Por otra parte, Fernández et al., (2002) reportaron para un concentrado en base a coseta una ED de 3,34 Mcal/kg y para uno en base a cereal una ED de 3,58 Mcal/kg.

Al analizar el efecto de la densidad sobre la concentración energética de tallos a los 30 días, no se observaron diferencias significativas, reportando Anrique (1993) valores cercanos a los obtenidos en el período de crecimiento de 30 días, en distintas especies. En alfalfa determinó un contenido de ED de 3,17 Mcal/kg, para la planta de lupino 3,48 Mcal/kg, en avena verde 3,58 Mcal/kg, para la ballica nui 3,46 Mcal/kg, en hojas de col forrajera 3,72 Mcal/kg, y para hojas de remolacha 3,00 Mcal/kg. En la frecuencia de 60 días, se obtuvo un valor significativamente mayor en la densidad alta con respecto al que se registró en la densidad baja, superior en 8,6% (Cuadro 20). En la densidad alta, el valor de ED fue mayor porque las plantas estaban sometidas a una fuerte competencia por lo que su desarrollo fue más lento, no lignificando demasiado sus tallos, mientras que a los 90 días la ED de los tallos aumentó al disminuir la densidad de plantación. La densidad baja, presentó un valor 33,9% y 24,4% mayor con respecto a las densidades alta y media respectivamente, y se explicaría por una disminución del estrés biológico al que las plantas están sometidas a una densidad mayor (Azcón Bieto y Talón, 2000). Estos resultados, demuestran que al aumentar el periodo de crecimiento intercorte, el factor densidad de plantación aumentó su efecto sobre la concentración energética de los tallos.

Cuadro 20. Concentración energética (Mcal/kg) de tallos en tres frecuencias de corte.

Dens. de plantación	Frecuencia de corte					
	30 días	CV (%)	60 días	CV (%)	90 días	CV (%)

Dens. alta	3,16 a	9	2,09 a	15	1,38 c	14
Dens. media	3,17 a	12	1,95 ab	4	1,58 b	9
Dens. baja	3,09 a	7	1,91 b	13	2,05 a	6

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Los valores registrados en el Cuadro 20 para los tallos, se acercan a la ED alcanzada para alfalfa por Jahn et al., (2000) quienes muestrearon el potrero en distintas horas del día a medida que las vacas consumían el forraje. Al iniciarse el pastoreo (08:30), el resultado fue de 2,61 Mcal/kg, luego fue de 2,22 Mcal/kg (11:30), luego 1,99 Mcal/kg (14:00), 1,93 Mcal/kg (16:30) y 1,72 Mcal/kg (19:30). Para tallos de morera adulta, Hernández (2003), obtuvo valores de ED de entre 3,5 a 1,92 Mcal/kg MS, 4,42 a 1,40 Mcal/kg MS, y 3,66 a 1,73 Mcal/kg MS, para el período comprendido entre los meses de septiembre y enero, en distintas localidades de la zona central de Chile.

5. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de materia seca (MS) total.

5.1 Producción de MS por hectárea.

Al disminuir la frecuencia de corte, independiente de la densidad, se observó un incremento en la producción de materia seca por ha. Dentro de la densidad alta, se observó que a los 90 días, se produjo un 11,9% más de materia seca que a los 30 días y 10,5% respecto de la frecuencia de 60 días, siendo estas diferencias significativas. En la densidad media, se observó similar comportamiento, aumentando las diferencias entre frecuencias, produciendo la frecuencia de 90 días un 36,1% más MS que la de 30 días y un 26,6% más que la frecuencia de 60 días. En la densidad baja, el efecto de la frecuencia de corte fue aún mayor, ya que a los 90 se produjo un 43,3% más MS que a los 30 días, y un 33% más que a los 60 días (Cuadro 21).

Cuadro 21. Producción de MS (kg/ha) de morera en tres densidades de plantación.

Frec. de corte	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
30 días (3 cortes)	5834,29 b	19	2923,05 b	12	1818,57 b	10
60 días (2 cortes)	5928,00 b	25	3356,30 b	25	2149,00 b	16
90 días (1 corte)	6620,00 a	23	4573,13 a	20	3206,67 a	15

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Martin et al., (2000), trabajaron en Cuba con *Morus alba* y tres frecuencias de corte (45, 60 y 90 días), comprobando un aumento en la producción de MS al disminuir la

frecuencia de corte. La materia seca total obtenida para cada período de crecimiento, fue de 3,09 ton ms/ha, 3,39 ton ms/ha y 9,45 ton ms/ha, respectivamente. Figueroa et al., (2003), en el llano central regado de la VIII región, determinaron que la producción de materia seca de alfalfa (W-320) en su primer corte, osciló entre 2,23 y 4,22 ton/ms/ha, similares a los resultados de MS de morera observados en el Cuadro 21 en las densidades media y baja.

5.2 Producción promedio de MS/ha/día.

Al expresar los resultados en kg/ha/día, se observó una tendencia similar en las tres densidades de plantación, con disminuciones significativas en la frecuencia de 60 días y aumentos significativos a los 90 días, que superaron a las producciones de los 30 días. En la densidad alta, se registró una diferencia mayor entre la frecuencia de 30 y 60 días que se redujo al incrementarse la densidad, pero los valores comenzaron a alejarse del observado en la frecuencia de 90 días. En esta última frecuencia, se produjo un 11,9% más de MS que a los 30 días, tal como se observó en el punto 5.1, en la densidad alta, obteniéndose una producción 32,8% superior, respecto de la frecuencia de 60 días. En las densidades media y baja, las diferencias porcentuales entre los 90 y los 30 días coincidieron con las observadas en la producción por período, produciéndose un 45% y 49,7% más en la frecuencia de 90 días, respecto de los 60 días, para cada densidad respectivamente (Fig. 7).

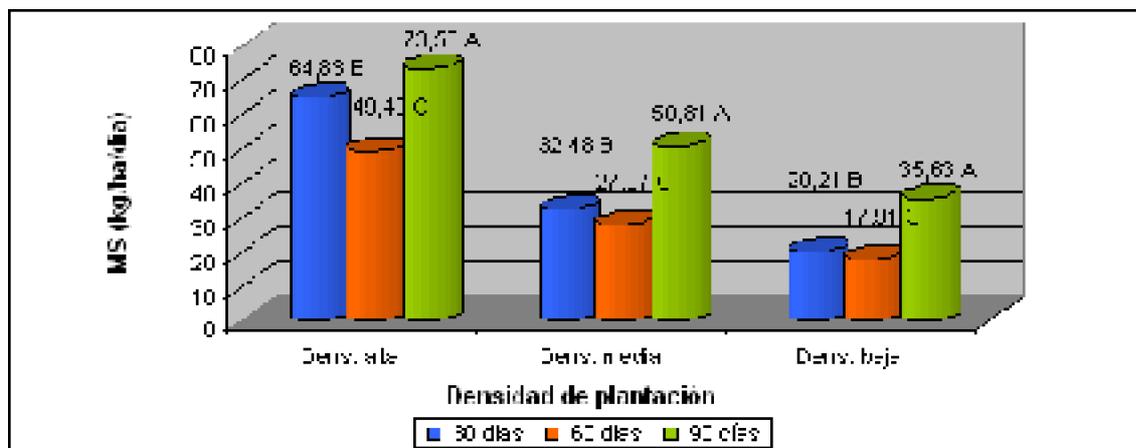


Figura 7. Efecto de la frecuencia de corte en la producción promedio de MS (kg/ha/día).

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

5.3 Producción de MS por planta.

En relación a la producción de MS por planta, se observó una tendencia general a aumentar al disminuir la frecuencia de corte, lo cual fue estadísticamente significativo en la frecuencia de 90 días. Las diferencias porcentuales obtenidas entre frecuencias en cada densidad de plantación, coincidieron con las observadas para la producción de materia seca por hectárea (Cuadro 22). Estos resultados, comprueban lo señalado por

Cifuentes y Wook (1992), quienes afirman que al ser más prolongado el período desde el establecimiento de las plantas hasta el primer corte, se logra un mayor desarrollo morfofisiológico, obteniéndose así una producción más alta.

Cuadro 22. Producción de MS (g/planta) de morera en tres densidades de plantación.

Frec. de corte	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
30 días (3cortes)	145,86 b	19	164,43 b	12	181,86 b	10
60 días (2 cortes)	148,20 b	25	188,80 b	25	214,90 b	16
90 días (1corte)	165,50 a	23	257,25 a	20	320,67 a	15

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

5.4 Producción promedio de MS diaria por planta.

La producción promedio de MS diaria por planta presentó un comportamiento parecido al que se observó para la producción de MS diaria por superficie, pero en este caso los valores más altos se registraron en la densidad baja. En las tres densidades, las diferencias porcentuales productivas entre los 90 y los 30 días y entre los 90 y los 60 días, coincidieron con las obtenidas en kg/ha/día. Al aumentar la densidad de plantación, los valores obtenidos a los 30 y 60 días se acercaron más a la producción diaria de MS por planta de la frecuencia de 90 días (Fig. 8).

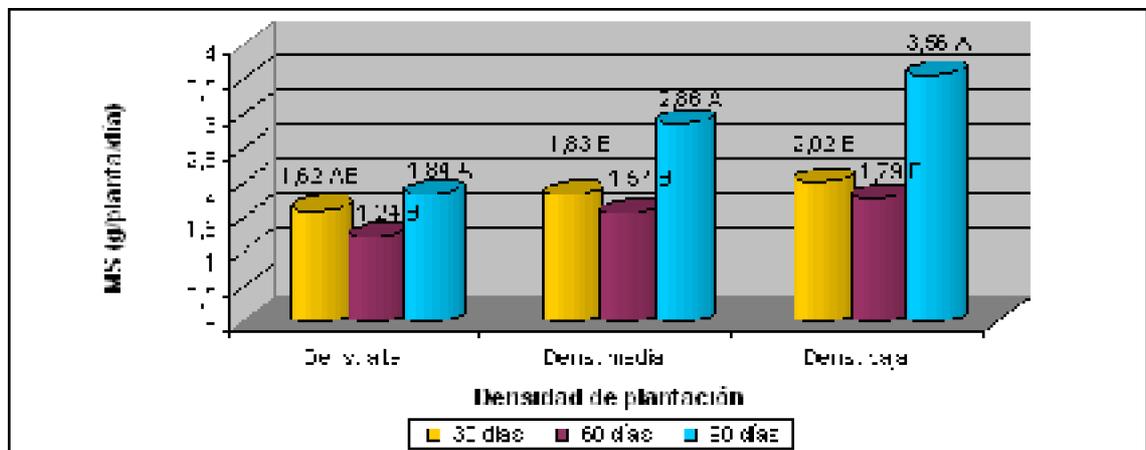


Figura 8. Efecto de la frecuencia de corte en la producción promedio de MS (g/planta/día).

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

6. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de hojas.

6.1 Producción de hojas por hectárea.

Tal como se observó en la producción de MS de la planta entera (Cuadro 21), la producción de MS de las hojas aumentó al disminuir la frecuencia de corte y fue significativamente mayor a los 90 días en las tres densidades de plantación evaluadas (Cuadro 23), producto de aumento en el rendimiento y persistencia de las plantas al disminuir la frecuencia de corte (Nelson y Moser, 1994).

En la densidad alta, se produjo un 8,7% más a los 90 días y un 9,1% más a los 60 días que a los 30 días, presentando la frecuencia de 90 días en la densidad media valores 30% y 23,1% superiores a los obtenidos a los 30 y 60 días, respectivamente. A su vez, en la densidad baja, las diferencias porcentuales entre estas frecuencias de corte fueron de 38,3% y 29,4%.

Cuadro 23. Producción de hojas en tres frecuencias de corte (kg/ha).

Frec. de corte	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
30 días (3 cortes)	4285,71 b	22	2196,73 b	13	1385,71 b	11
60 días (2 cortes)	4268,00 b	24	2410,56 b	26	1585,00 b	15
90 días (1 corte)	4693,33 a	22	3136,16 a	19	2244,17 a	13

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

6.2 Producción promedio diaria de hojas por ha.

La producción diaria de hojas, presentó la misma tendencia observada para la planta entera, observándose en la densidad alta entre los 30 y los 60 días, una diferencia mayor que las registradas en las restantes densidades de plantación. Las diferencias porcentuales obtenidas entre la frecuencia de 90 y la de 30 días coincidieron con las observadas en el punto 6.1, para las tres densidades de plantación. A los 90 días, se produjo un 31,8%, 42,4% y 47% más hojas/ha/día que a los 60 días, para las densidades alta, media y baja, respectivamente. Tal como ocurrió en el punto anterior, las diferencias porcentuales entre frecuencias aumentaron al disminuir la densidad de plantación (Fig. 9).

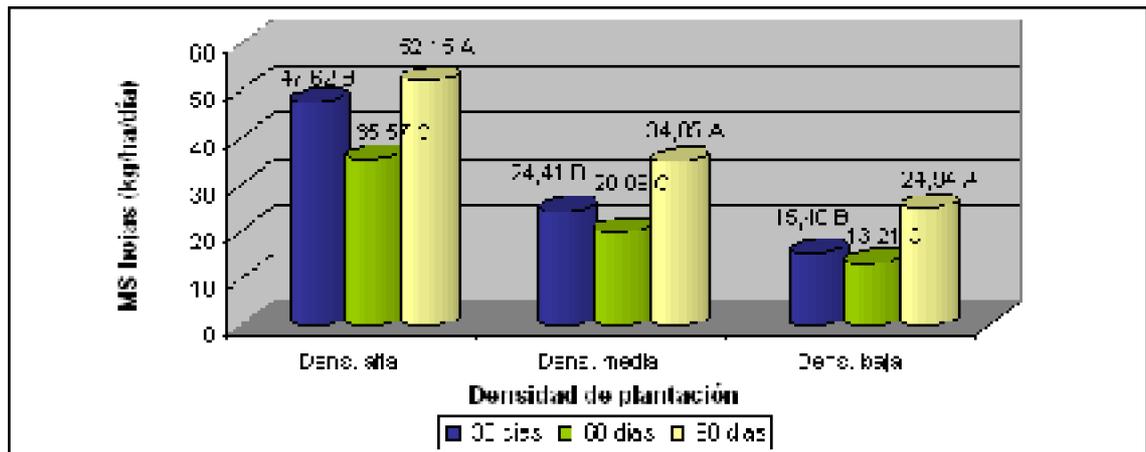


Figura 9. Producción promedio de hojas (kg/ha/día).

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

6.3 Producción de hojas por planta.

Al analizar el efecto de distintas frecuencias de corte en la producción de hojas, no se observó diferencia significativa en la densidad alta, sin embargo, en las densidades media y baja, se obtuvo un valor significativamente mayor en la frecuencia de 90 días, con respecto a los 30 y 60 días. Las diferencias porcentuales observadas entre frecuencias de corte en cada densidad, fueron iguales a las diferencias registradas en la producción de hojas por hectárea (Cuadro 24).

Cuadro 24. Producción de hojas (g/planta) en tres frecuencias de corte.

Frec. de corte	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
30 días (3 cortes)	107,14 a	22	123,57 b	13	138,57 b	11
60 días (2 cortes)	106,70 a	24	135,60 b	26	158,50 b	15
90 días (1 corte)	117,33 a	22	176,42 a	19	224,42 a	13

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

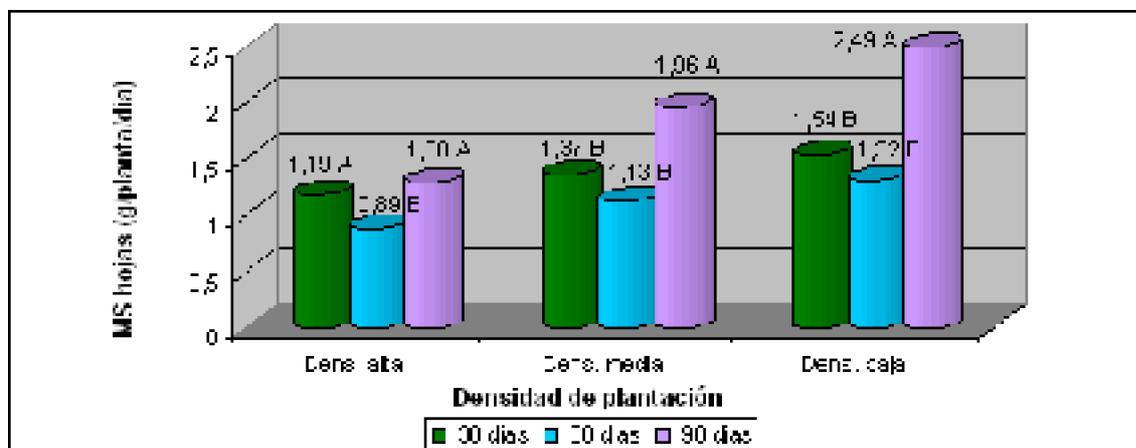
6.4 Producción promedio diaria de hojas por planta.

Al disminuir la frecuencia de corte, la producción diaria de hojas por planta declinó en la frecuencia de 60 días y luego aumentó significativamente a los 90 días, en las tres densidades de plantación evaluadas. En la densidad alta, se produjo 25,2% más hojas por planta al día a los 30 días respecto de los 60 días, y 31,5% más en la frecuencia de 90 días comparado con los 30 días. En la densidad media y baja, se observó una diferencia porcentual entre la frecuencia de 90 y 30 días de 30% y 38,3%, y entre los 90 y

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

60 días de 42,4% y 47% para cada densidad respectivamente, porcentajes similares a los obtenidos en la producción diaria de hojas por ha (Fig. 10).

Figura 10. Efecto de la frecuencia de corte en la producción promedio de hojas.



Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

7. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción de MS de tallos.

7.1 Producción de tallos por hectárea.

Al analizar los efectos de la frecuencia de corte sobre la producción de tallos, hubo un incremento en los valores, independiente de la densidad de plantación, el cual fue significativo en la frecuencia de 90 días, tal como se observó en las hojas y en la planta entera (Cuadros 21 y 23), obteniéndose en la densidad alta, a los 90 días, un valor 19,62 % mayor al de los 30 días y 13,84 % mayor, respecto de los 60 días. En la densidad media, la producción de tallos por hectárea fue 49,45% más alta a los 90 días que la producción registrada a los 30 días, y 34,19% superior a la frecuencia de 60 días, produciéndose en la densidad baja, a los 90 días, 55,03% y 41,40% más que a los 30 y 60 días, respectivamente (Cuadro 25).

Cuadro 25. Efecto de la frecuencia de corte en la producción de tallos (kg/ha).

Frec. de corte	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
30 días (3 cortes)	1548,57 b	14	726,32 b	11	432,86 b	8
60 días (2 cortes)	1660,00 b	27	945,74 b	24	564,00 b	17
90 días (1 corte)	1926,67 a	30	1436,97 a	24	962,50 a	21

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

7.2 Producción diaria promedio de tallos por superficie.

El efecto de la frecuencia de corte sobre la producción diaria de tallos, fue similar en las tres densidades de plantación. En la densidad alta, la frecuencia de 90 días presentó un valor 19,62% mayor al que se obtuvo a los 30 días, tal como se observó en el punto 7.1, y 35,40% más alto, respecto de los 60 días. Por otra parte, en la densidad media el valor obtenido a los 90 días, fue significativamente superior, 49,45% y 50,66%, con respecto a los 30 y 60 días, mientras que, en la densidad baja, se produjo 55,03% y 56,07% más a los 90 días, respecto de la frecuencia de 30 y 60 días (Fig. 11).

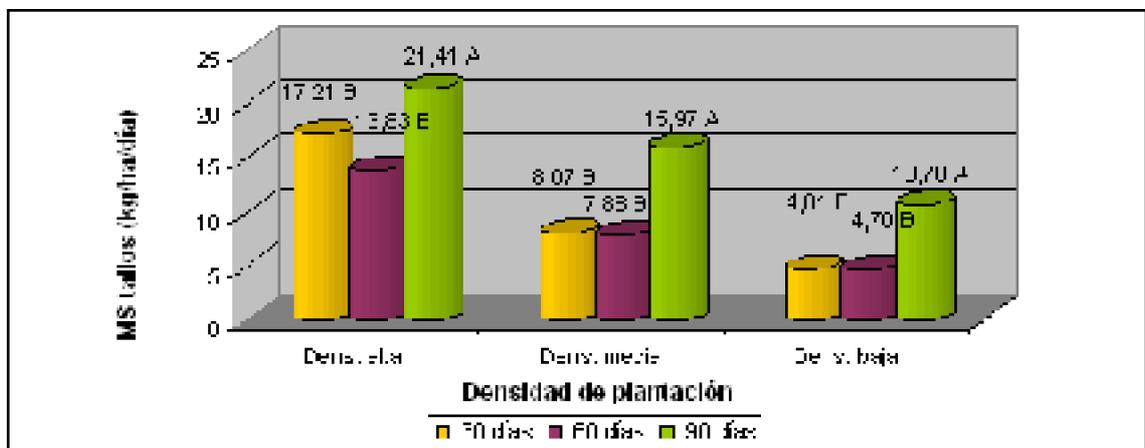


Figura 11. Producción diaria promedio de tallos (kg/ha/día).

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

7.3. Producción de tallos por planta.

En la densidad alta, se observó un incremento no significativo en la producción de tallos por planta, al disminuir la frecuencia de corte (Cuadro 26), obteniéndose un valor significativamente mayor a los 90 días en las densidades media y baja, tal como ocurrió en el caso de la planta entera y las hojas (Cuadros 22 y 24). Las diferencias de producción entre densidades expresadas en porcentajes, aumentaron al disminuir la densidad de plantación, coincidiendo con las calculadas para la producción de tallos por hectárea.

Cuadro 26. Producción de tallos (g/planta).

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Frec. de corte	Dens. alta	CV (%)	Dens. media	CV (%)	Dens. baja	CV (%)
30 días (3 cortes)	38,71 a	14	40,86 b	11	43,29 b	8
60 días (2 cortes)	41,50 a	27	53,20 b	24	56,40 b	17
90 días (1 corte)	48,17 a	30	80,83 a	24	96,25 a	21

Letras diferentes sobre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

7.4 Producción diaria promedio de tallos por planta.

El efecto de la frecuencia de corte en la producción de tallos, fue significativamente mayor a los 90 días para las tres densidades de plantación evaluadas, observándose comportamientos similares para las frecuencias de 30 y 60 días, en las densidades media y baja (Fig. 12). En la densidad alta, la producción obtenida a los 90 días fue 20,37% más alta que a los 30 días y 35,19% superior a la producción diaria de tallos de la frecuencia de 60 días. En la densidad media, se produjo a los 90 días 50% y 51,1% más tallos por planta que a los 30 y 60 días, respectivamente, y en la densidad baja las diferencias porcentuales de la frecuencia de 90 días con respecto a los 30 y 60 días, fueron de 55% y 56,1%.

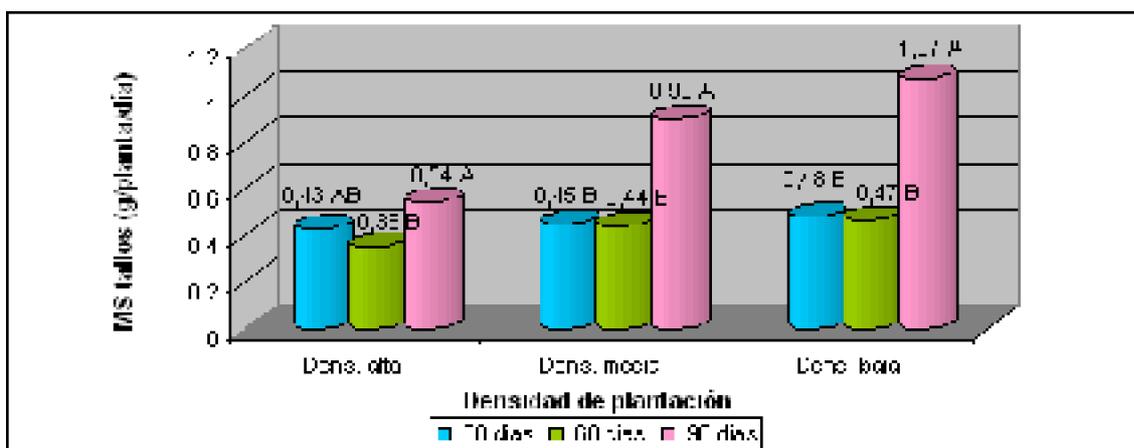


Figura 12. Efecto de la frecuencia de corte en la producción promedio de tallos.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

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

8.1 Concentración de PB de hojas y tallos.

Al analizar los resultados obtenidos en las hojas, sólo en la densidad alta se observó una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) presentándose una concentración proteica 21,9% mayor a los 30 días, con respecto de los 90 días (Fig. 13).

Este comportamiento, se explica por el sombreadamiento que se produjo en las plantas y entre las plantas a los 90 días de crecimiento, determinando una menor intercepción de luz con la consecuente disminución de los fotoasimilados y el aumento de la proporción de hojas senescentes (Lemaire et al., 1991, citado por Buxton y Fales, 1994). Además, esta disminución coincidió con un aumento en el contenido de FDN (Fig.17), lo cual era esperable ya que el desarrollo de las plantas conlleva una reducción de los niveles de proteína y un aumento de la fracción fibrosa, cambiando su estructura físico - química por un mayor grado de lignificación, que es el principal limitante para el valor nutritivo. (Waghorn y Barry, 1992, citados por Flores et al., 2000). La frecuencia de corte, no afectó significativamente el porcentaje de PB de hojas en las densidades media y baja (Fig. 13).

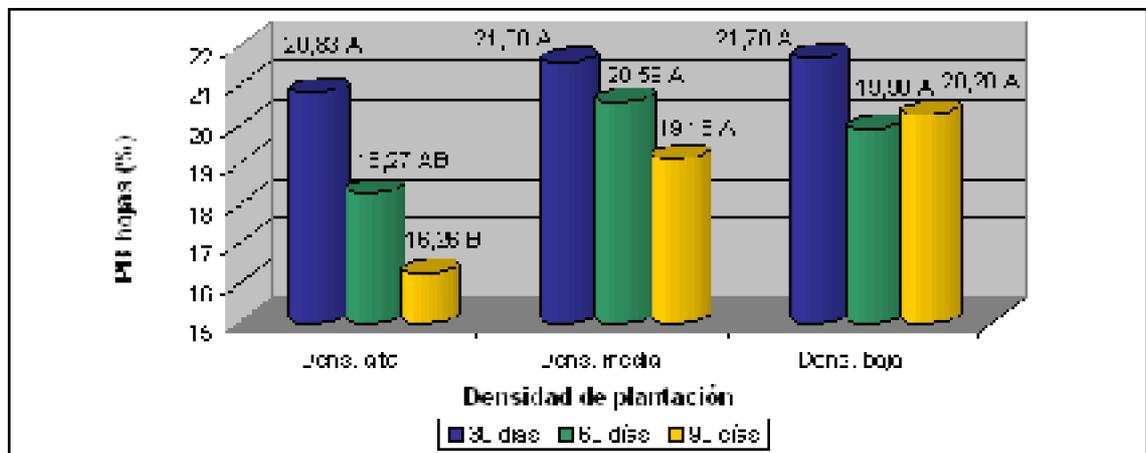


Figura 13. Efecto de la frecuencia de corte en el contenido de PB de hojas.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

Benavides (2000), obtuvo respuestas de 23% de PB para el follaje de morera (*Morus alba*) en América Central, señalando que la calidad de las hojas se reduce en la costa del Pacífico de Costa Rica, con alta luminosidad y elevadas temperaturas a 15,1%, valor cercano al observado a los 90 días para la densidad alta. Sin embargo, en sitios más elevados con más nubosidad y menor temperatura, como en las zonas montañosas de Costa Rica, el valor de PB fue de 24,8%. Además, Boschini (2000b), observó altos valores para la PB de hojas (25%) con una frecuencia de corte de 56 días.

La concentración de PB de tallos se redujo significativamente al disminuir la frecuencia de corte en la densidad alta, presentando la frecuencia de 30 días un valor 17,4% mayor al de los 60 días y 45,8% superior respecto de los 90 días. En la densidad media, se obtuvo un valor significativamente mayor a los 30 días, que superó en 25,6% al porcentaje de PB de tallos de los 60 días y en 42,15% al de los 90 días. En la densidad baja, se observó un comportamiento similar al de la densidad media, pero en este caso la concentración proteica fue 28% y 30,5% más alta a los 30 días que a los 60 y 90 días, respectivamente (Fig. 14).

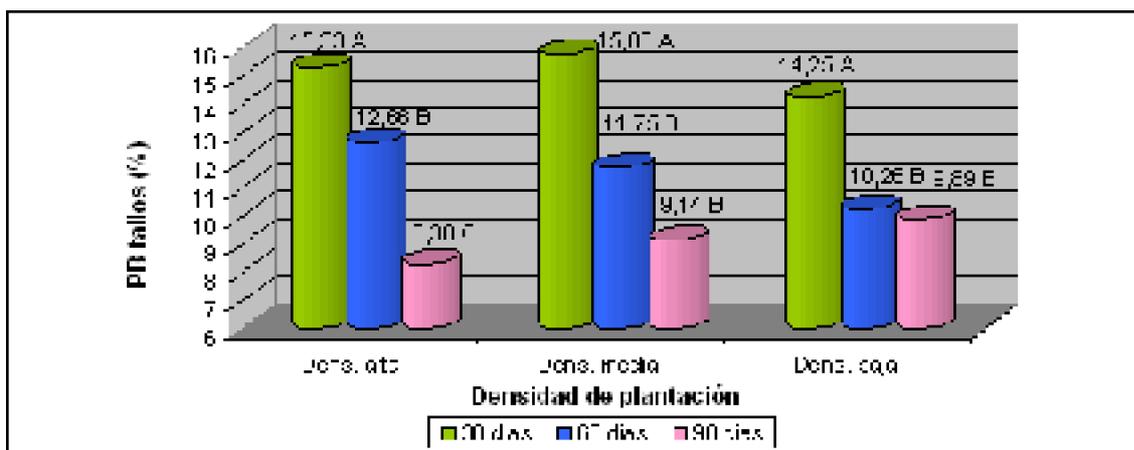


Figura 14. Variación del contenido de PB de tallos según frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

Estos resultados, indican que los tallos pueden tener un alto valor nutritivo cuando son jóvenes, pero ello decrece muy rápidamente con la madurez, (Tilley y Terry, 1964; Buxton et al., 1985, citados por Nelson y Moser, 1994) superando así la disminución en calidad que se produce en las hojas (Buxton y Hornstein, 1986; citados por Nelson y Moser 1994). Hernández (2003), obtuvo un promedio de 14% para la PB en los tallos, en la zona central de Chile, cercano a los resultados obtenidos en la frecuencia de corte de 30 días.

Martín et al., (2000), al trabajar con frecuencias de corte de 45, 60, 75 y 90 días, durante el período de establecimiento de *Morus alba*, observaron en los tallos: 11,49^a %, 10,83^a %, 11,19^a % y 8,94^b % de PB, para cada frecuencia de corte, respectivamente, tal como ocurrió en las frecuencias de 60 y 90 días. Buxton y Fales (1994), observó que la concentración de N es mucho más sensible a la sombra que otros componentes de la calidad, y que las respuestas son generalmente mayores para hojas que para tallos.

8.2 Concentración de cenizas de hojas y tallos.

En las densidades alta y media, la frecuencia de corte no tuvo un efecto significativo sobre el contenido de cenizas de las hojas, aunque se observó una tendencia a aumentar, lo cual se atribuye a una menor tasa fotosintética y respiratoria de éstas al transcurrir el otoño, y a una disminución del metabolismo energético. Esto se confirma con la disminución observada en la concentración proteica y energética de las hojas (Fig. 13, 15 y 21). En la densidad baja, se obtuvo un valor significativamente mayor ($p \leq 0,05$) a los 90 días con respecto al contenido de cenizas de los 60 días, superando la menor frecuencia en 22,06% a la frecuencia de 60 días (Fig. 15). Estos resultados, fueron mayores a los observados por Canto y De Almeida (2000) quien al evaluar cuatro frecuencias de corte (45, 60, 75 y 90 días), no obtuvo diferencias significativas y los resultados fueron de: 5,9%; 8,1%; 7,9% y 9,5% respectivamente, para las hojas de morera. Por otra parte la morera presenta un alto contenido de Ca, alrededor de un 2,5% (Benavides, 2000), el cual a diferencia de los demás nutrientes minerales, no disminuye

con la madurez de la planta (Garate y Bonilla, 2000).

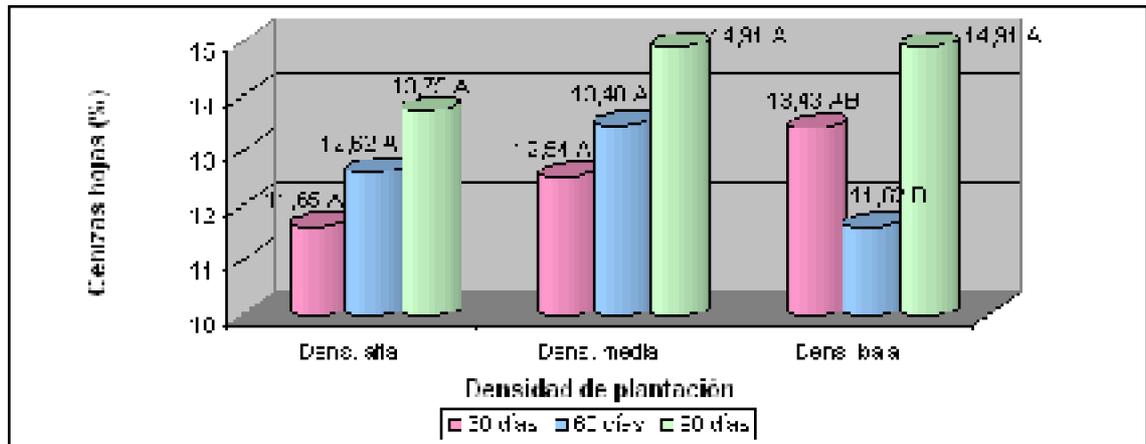


Figura 15. Porcentaje de cenizas de hojas en tres frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

En condiciones de montaña (Cuba), *Morus alba* y *Morus nigra* fueron evaluadas a los 60 días de edad, y los porcentajes de cenizas obtenidos fueron de 12,48% y 12,71% para la planta entera, similar a los valores observados en hojas. Plantaciones de variedades de *Morus alba* de 90 días de establecimiento, fueron evaluadas por Ojeda et al., (2000) quienes obtuvieron: 10,41%, 11,24%, 11,80%, 13,40%, 11,71% de cenizas. Estos valores, variarían según la edad de la planta, alcanzando hasta 17% en la morera (Sánchez, 2000b).

Al analizar el efecto de la frecuencia de corte en el porcentaje de cenizas de los tallos, se observó un valor significativamente mayor a los 30 días, con respecto a los 60 y 90 días, en las tres densidades de plantación evaluadas. En la densidad alta, la frecuencia de 30 días presentó un contenido de cenizas en los tallos que fue 37,5% y 54,5% mayor al observado a los 60 y 90 días, respectivamente. En la densidad media, la mayor frecuencia de corte fue 42,48% y 56,48% superior a las frecuencias de 60 y 90 días y en la densidad baja estas diferencias porcentuales fueron de 37,90% y 50,67% (Fig. 16). Al respecto, Flemming (1973), citado por Hernández (2003), señala que la disminución en las concentraciones de cenizas que experimentan los tallos durante la madurez, se debe a que el contenido de MS de la planta generalmente se incrementa más rápido que la toma de nutrientes.

Boschini (2000b), observó en condiciones tropicales una disminución en el contenido de cenizas de las hojas, al disminuir la frecuencia de corte.

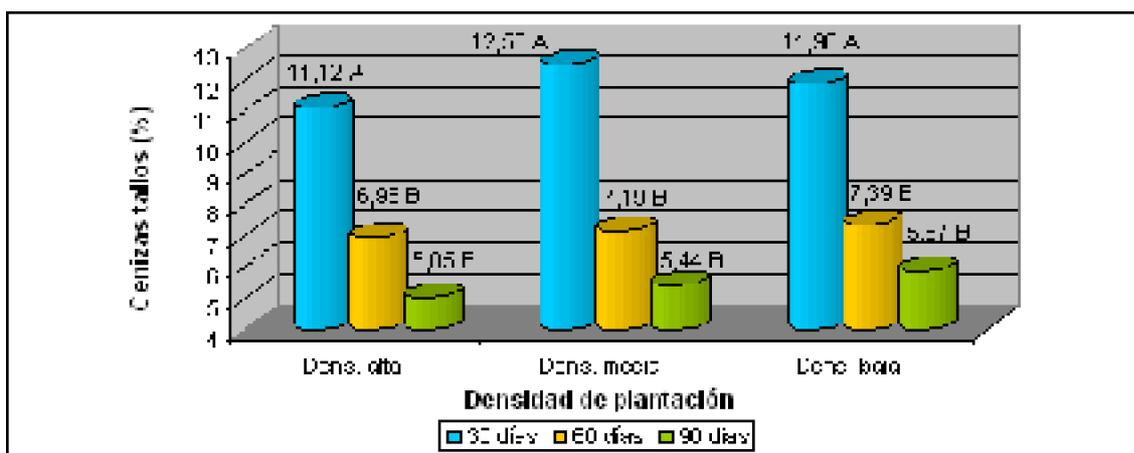


Figura 16. Efecto de la frecuencia de corte en el porcentaje de cenizas de tallos.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

8.3. Contenido de FDN de hojas y tallos.

En la densidad alta, la concentración de FDN en hojas fue significativamente menor a los 30 días respecto de los 60 y 90 días, las cuales fueron 11,1% y 15,4% mayores, respectivamente. La madurez de las hojas, sería el factor principal que estaría determinando esta respuesta. En la densidad media, la frecuencia de corte no afectó significativamente el contenido de FDN de las hojas y en la densidad baja se registró a los 30 días un valor significativamente mayor, que superó en 9,9% al valor obtenido a los 90 días (Fig. 17). Estos resultados, revelan que en las densidades media y baja, la frecuencia de corte no incrementó significativamente la FDN de las hojas, como se observó en la densidad alta, probablemente por la interacción entre la velocidad de desarrollo de éstas y las temperaturas medias diarias. Al respecto, Fales (1986); Akin et al., (1987); Wilson et al., (1991), citados por Buxton y Fales (1994), sugieren la existencia de puntos de control dependientes de la temperatura para el control de la repartición de los fotosintetatos entre la pared celular y el contenido celular.

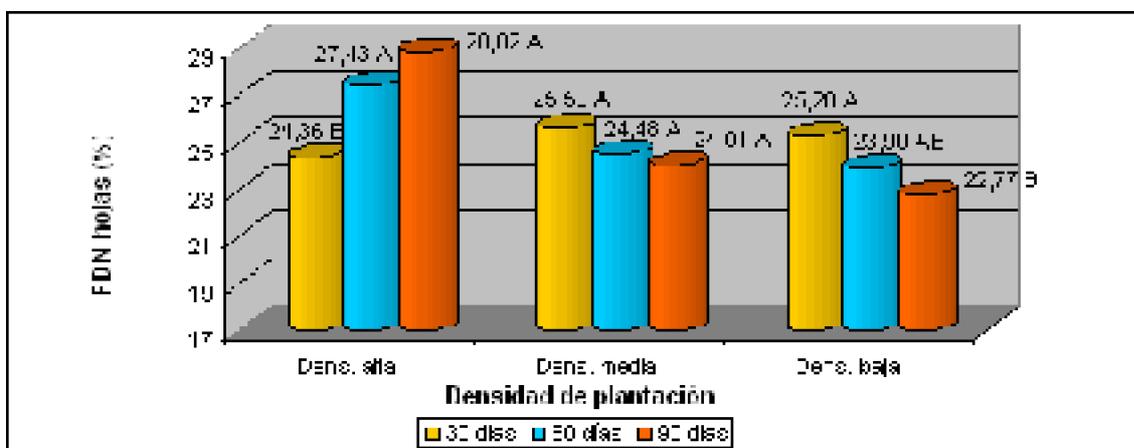


Figura 17. Efecto de la frecuencia de corte en el porcentaje de FDN de hojas.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

En el caso del contenido de FDN de tallos, se observó un incremento significativo en los valores al disminuir la frecuencia de corte en la densidad alta, sin embargo en las densidades media y baja el efecto de la frecuencia de corte se manifestó de manera significativa sólo entre los 30 y 60 días (Fig. 18). En la densidad alta, el valor obtenido a los 60 días superó en 9,7% a la concentración de FDN registrada a los 30 días, mientras que a los 90 días se observó un valor 19,6% mayor respecto de la misma frecuencia. En la densidad media, las frecuencias de 60 y 90 días presentaron resultados 18,7% y 24,4% más altos que el obtenido a los 30 días, y en la densidad baja 23,6% y 19,9% superiores respecto de la frecuencia de ésta misma frecuencia. La FDN para el ensilaje de maíz, se determinó en 46,90%, porcentaje similar al obtenido para los tallos de morera en la frecuencia de 30 días (Hazard et al., 2001).

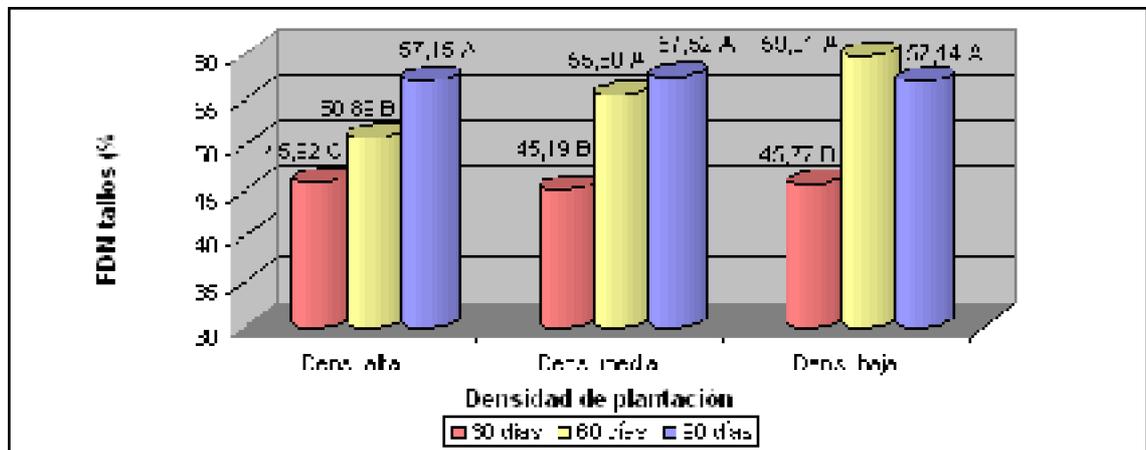


Figura. 18. Contenido de FDN de tallos en tres frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

Al comparar concentraciones de pared celular en alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), se obtuvo un valor menor en hojas respecto de los tallos, disminuyendo éstos más su calidad que las hojas, lo cual coincide con lo señalado por Buxton y Hornstein (1986), citados por Nelson y Moser (1994), quienes indican que los tallos presentan mayor variabilidad en términos de calidad que las hojas. También Fernández et al., (2002) reportan resultados similares a los obtenidos en este estudio para una pradera permanente polifítica (*Lolium perenne*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus*, *Poa annua* y *Trifolium repens*) de más de 20 años ubicada en la X Región, donde la FDN fue de 44,6%, 50,6% y 52,3% para los meses de septiembre, octubre y noviembre, respectivamente, lo cual confirma la variación producida por efecto de la madurez de la planta y las temperaturas ambientales, en la concentración de la pared celular.

8.4 DAPMS de hojas y tallos.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE *Morus multicaulis*, DE UN AÑO DE ESTABLECIMIENTO.

Al analizar el efecto de la frecuencia de corte en la DAPMS de las hojas, se observó en la densidad alta una disminución significativa entre los 30 y 60 días con digestibilidades de 89,52% a 85,32%, de este modo a los 30 días se obtuvo un valor 4,6% y 3,5% superior, respecto de los 60 y 90 días, respectivamente. Esto se explica por un aumento en el contenido de FDN de hojas entre las frecuencias de 30 y 60 días, de 24,36% a 27,43%. Al respecto, Tilley y Terry (1964) y Buxton et al., (1985), citados por Hernández (2003), señalan que el contenido de pared celular avanza con la edad de la planta y se correlaciona negativamente con la digestibilidad. La DAPMS de las hojas en la densidad media fue significativamente menor a los 60 días, registrándose un valor 3,9% mayor a los 30 días y 4,2% más alto en la frecuencia de 90 días, sin embargo en la concentración de FDN no se registraron diferencias significativas. La frecuencia de corte, no afectó significativamente la DAPMS de hojas de las plantas establecidas a una menor densidad de plantación, pero se observó un leve aumento de los valores producto de los resultados obtenidos en el contenido de FDN, donde se registraron valores de 25,28%, 23,90% y 22,77% para cada frecuencia de corte respectivamente (Fig. 17 y 19).

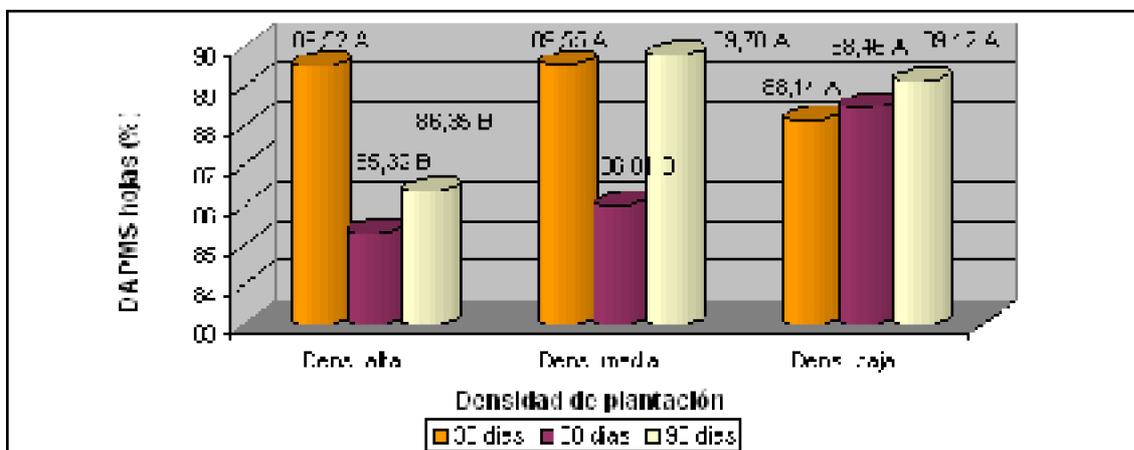


Figura 19. DAPMS de hojas en tres frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

Tomando como referencia los valores obtenidos por Cerda et al., (1987) para la DAPMS de heno de alfalfa (69,5%), heno de trébol (64,6%), paja de trigo (52,7%) y vaina de poroto (80,8%), las hojas de morera presentarían una alta digestibilidad en las tres densidades de plantación evaluadas.

El efecto de la frecuencia de corte en la DAPMS de tallos estuvo estrechamente relacionado con los resultados obtenidos en la concentración de FDN, en las tres densidades de plantación evaluadas. En la densidad alta, la DAPMS de tallos disminuyó significativamente al reducir la frecuencia de corte, producto de un aumento observado en la concentración de FDN de tallos, de esta manera la frecuencia de 30 días, presentó un valor 24,03% y 38,3% mayor a los obtenidos a los 60 y 90 días, respectivamente. En la densidad media, se registró un valor significativamente mayor a los 30 días, que superó en 24,34% y 28,06% a los valores observados a los 60 y 90 días, y que coincidió con el menor valor obtenido para la FDN a los 30 días. Por último, en la densidad baja, la DAPMS fue significativamente mayor a los 30 días y menor a los 60 días, observándose

un comportamiento inverso para el contenido de FDN. A los 30 días, se registró un valor 31,65% mayor al que se presentó a los 60 días y 25,59% más alto respecto de los 90 días (Fig. 18 y 20). Las diferencias porcentuales entre los valores de DAPMS de cada frecuencia fueron superiores en tallos con respecto a las registradas para las hojas.

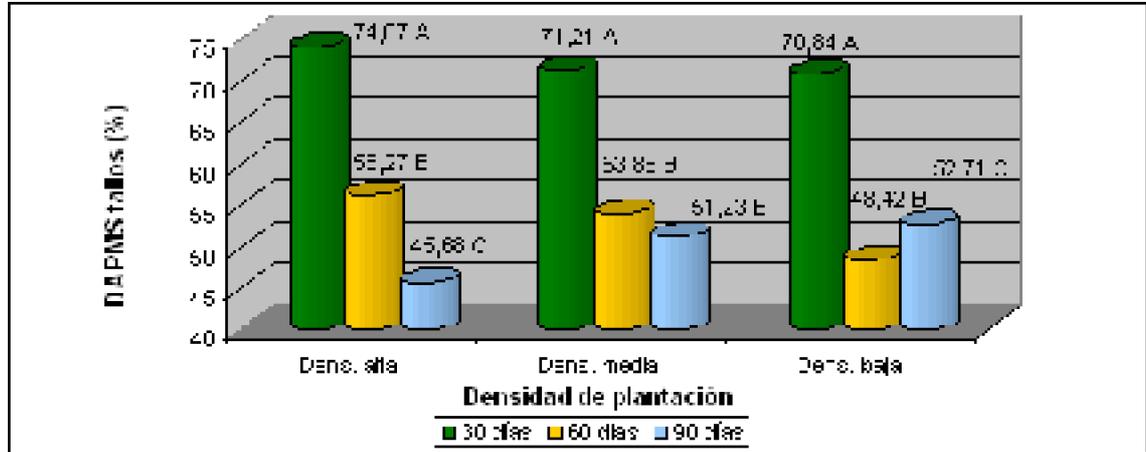


Figura 20. Variación de la DAPMS de tallos en tres frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

Hernández (2003), observó en las hojas de morera una alta digestibilidad (>85%), y una disminución de la DAPMS más evidente en los tallos con la madurez.

8.5 Concentración de ED de hojas y tallos.

A los 30 días, se alcanzó en la densidad alta un valor de ED de hojas significativamente mayor que superó en 4,9% y 7,4% a los valores observados a los 60 y 90 días, respectivamente. En la densidad media, la concentración energética de hojas alcanzó un valor significativamente menor a los 90 días, que fue superado por las frecuencias de 30 y 60 días en 5,4% y 3,8%. En la densidad baja, se obtuvo un valor significativamente más alto a los 60 días, el cual fue 2,7% mayor al contenido de ED registrado a los 30 días y 3,8% más alto respecto de los 90 días (Fig. 21).

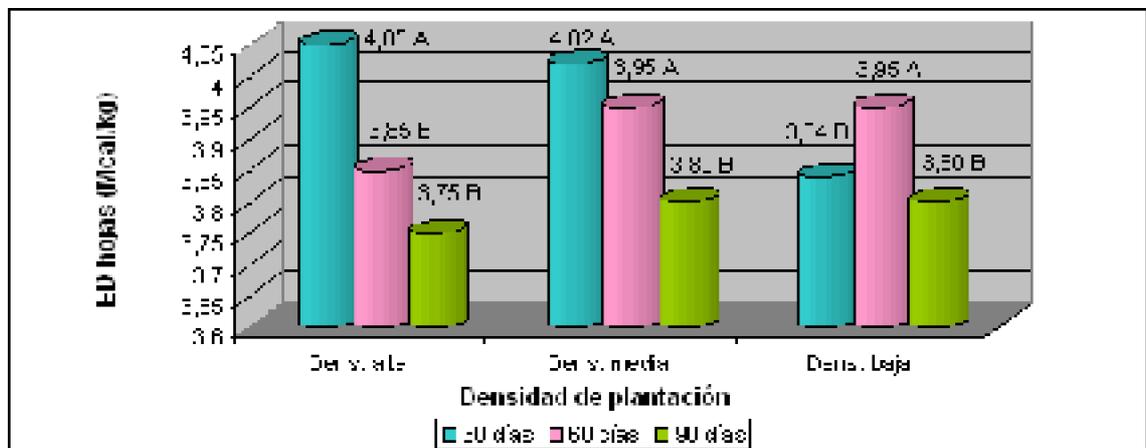


Figura 21. Concentración energética de hojas en tres frecuencias de corte.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

Estas variaciones en los resultados, se explican porque las hojas experimentarían un período de transición de ser receptoras de fotoasimilados a ser fuentes de éstos, por lo que se deduce que luego de 90 días la gran mayoría de ellas estarían actuando como exportadoras netas debido al incremento en el número de hojas senescentes producto del sombreadamiento (Azcón Bieto y Talón, 2000).

Los tallos, presentaron concentraciones energéticas inferiores a las obtenidas en las hojas, reduciéndose significativamente al disminuir la frecuencia de corte en las densidades alta y media. A los 30 días, se presentó en la densidad alta un contenido de ED 33,8% y 56,3% más alto respecto de los 60 y 90 días, respectivamente, y en la densidad media el resultado observado a los 30 días fue 38,4% y 50,1% mayor a los valores obtenidos a los 60 y 90 días. En la densidad baja, al existir un mayor espacio entre las plantas este comportamiento no fue tan evidente, observándose una concentración energética de tallos significativamente mayor en la frecuencia de 30 días que superó en 38,1% y 33,6% a los valores obtenidos en las frecuencias de 60 y 90 días, respectivamente. Las diferencias porcentuales entre frecuencias fueron claramente mayores en los tallos respecto de las hojas (Fig. 22).

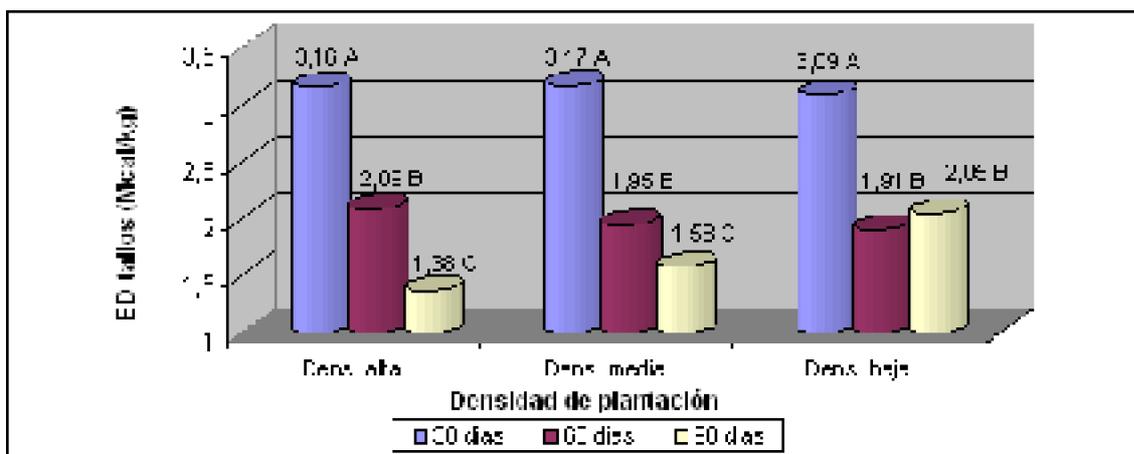


Figura 22. Efecto de la frecuencia de corte en la ED de tallos.

Letras diferentes sobre columnas indican efecto significativo de la frecuencia de corte ($p \leq 0,05$).

9. Interacción entre densidad de plantación y frecuencia de corte.

Sólo se presentó interacción densidad-frecuencia en los componentes del valor nutritivo, ya que en la producción de materia seca, no hubo interacción. Tampoco se observó interacción en el porcentaje de cenizas, FDN, DAPMS y ED de tallos.

9.1. Interacción densidad-frecuencia sobre la concentración de PB.

Hubo interacción entre la densidad de plantación y la frecuencia de corte, sólo en la frecuencia de 90 días, donde el porcentaje de PB de hojas de la densidad baja aumentó, lo cual se explicaría por una mayor disponibilidad de nutrientes por planta, mientras que, en las restantes densidades, los valores continuaron decreciendo, al disminuir la frecuencia de corte, producto de la madurez de las hojas (Fig. 23).

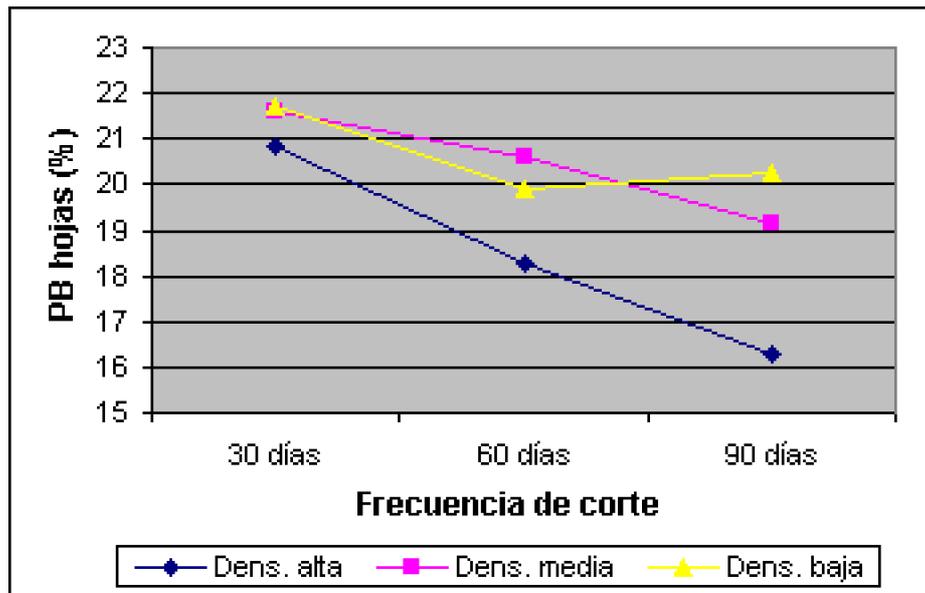


Figura 23. Efecto de la interacción sobre el porcentaje de PB de las hojas.

En los tallos, la interacción se observó en las frecuencias de 60 días y 90 días. En la frecuencia de 60 días, el porcentaje de PB fue superior en la densidad alta, relacionándose este comportamiento con el contenido de FDN de los tallos, que fue menor en ésta densidad. Por otra parte, en la frecuencia de 90 días, se observó un porcentaje de PB de tallos mayor en la densidad baja con una tendencia similar a la registrada en las hojas, debido a una disminución de la competencia entre plantas (Fig. 24).

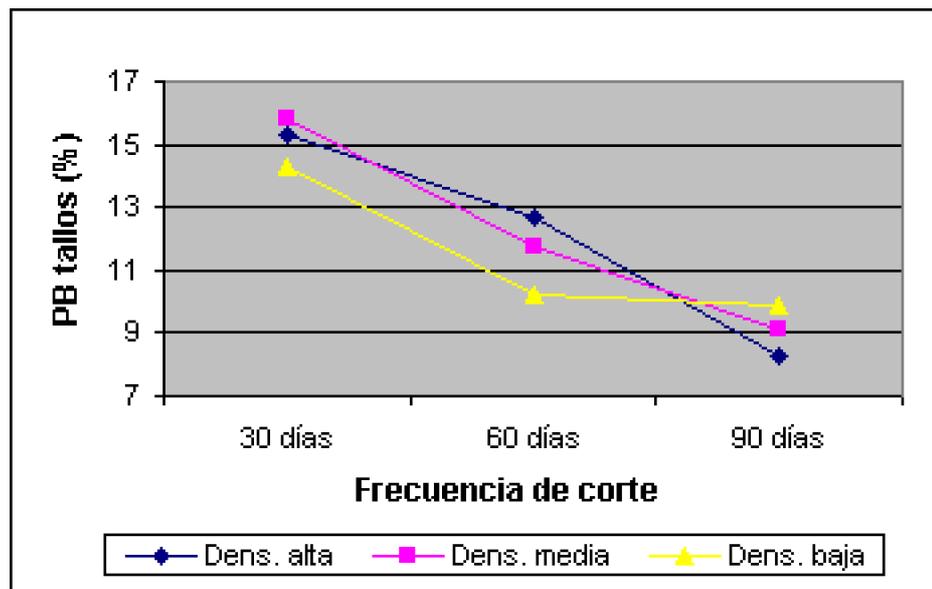


Figura 24. Interacción entre densidad de plantación y frecuencia de corte, para el contenido de PB de tallos.

9.2. Interacción densidad-frecuencia de corte en el contenido de cenizas de hojas.

En la frecuencia de 60 días, la concentración de cenizas de las hojas obtenida en la densidad baja disminuyó, lo cual se explicaría por una mayor utilización de minerales en el metabolismo energético de las hojas (Bonilla, 2000, citado por Azcón Bieto y Talón, 2000.). En la frecuencia de 90 días, el contenido de cenizas aumentó significativamente en la densidad baja, evidenciando una disminución en la demanda de minerales. En las densidades alta y media, se observó un aumento del porcentaje de cenizas al disminuir la frecuencia de corte, lo cual se explicaría por una baja en la demanda de éstas para funciones fisiológicas de las hojas (Fig. 25).

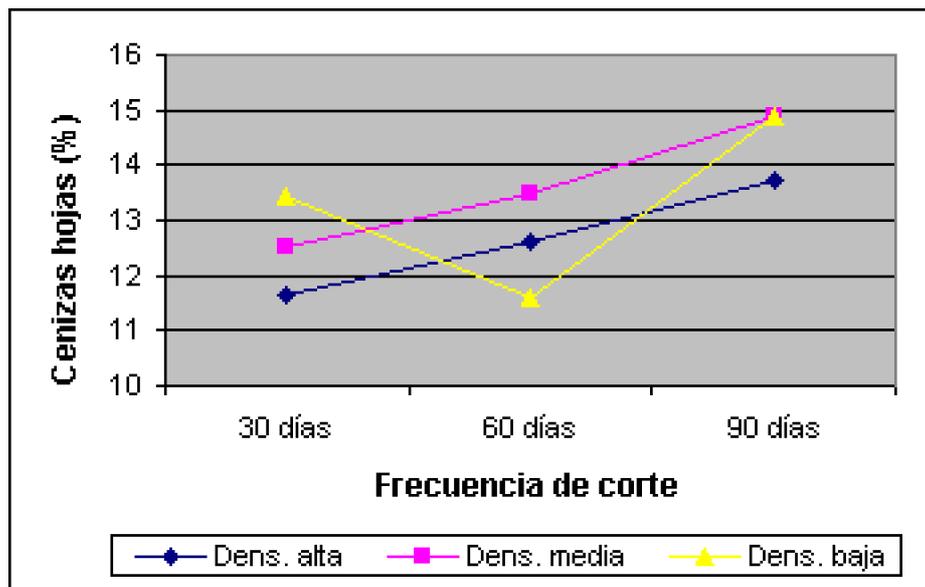


Figura 25. Efecto de la interacción en el contenido de cenizas de las hojas.

9.3. Efecto de la interacción sobre el contenido de FDN de hojas.

Se presentó una interacción significativa densidad-frecuencia sobre el contenido de FDN en hojas. En la densidad alta, la FDN aumentó significativamente a medida que disminuyó la frecuencia de corte, lo cual se explicaría por un mayor grado de madurez de las hojas, ya que la intercepción de energía solar sería máxima en esta densidad. En las densidades media y baja, ocurrió lo contrario, disminuyendo el contenido de FDN con las menores frecuencias de corte, debido a una disminución en las temperaturas medias diarias al transcurrir el otoño (Santibáñez, 2004), que incidiría en el crecimiento de las plantas al disminuir las tasas respiratorias.

De este modo, el papel regulador de la temperatura sobre el crecimiento, se realizaría a través de la regulación de reacciones enzimáticas que, directa o indirectamente, intervendrían en el proceso (Barcelo et al., 1990)

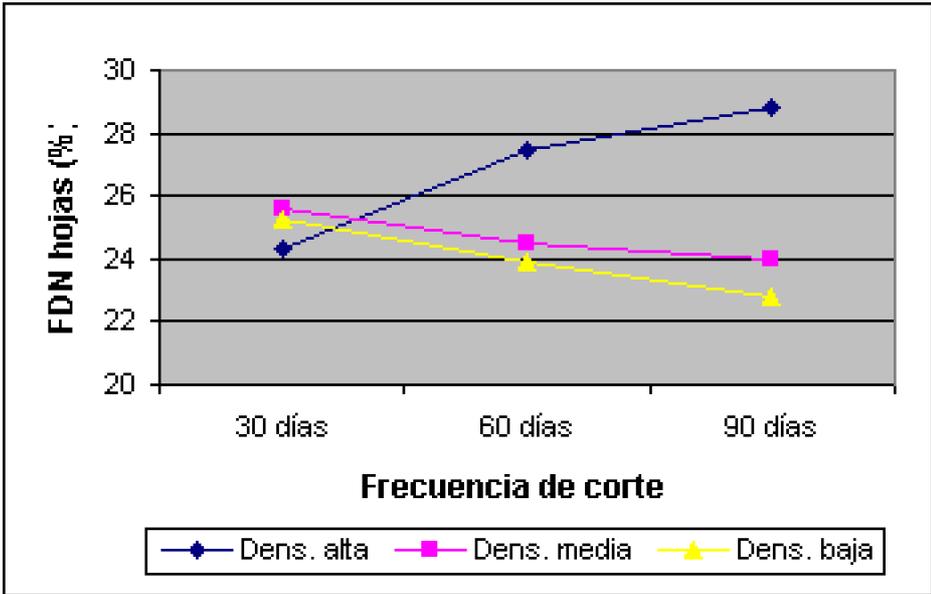


Figura 26. Efecto de la interacción sobre el contenido de FDN de las hojas.

9.4. Efecto de la interacción sobre la DAPMS de hojas.

Se presentó interacción densidad-frecuencia en la densidad baja respecto a las otras densidades, ya que la DAPMS de hojas, no varió en las diferentes frecuencias, sin embargo, las densidades alta y media, disminuyeron significativamente entre los 30 y 60 días, lo que se explica por un incremento en el nivel de FDN de hojas (Fig. 26). También, se observó interacción entre las densidades media y baja a los 90 días, donde la DAPMS de la densidad media aumentó significativamente entre las frecuencias de 60 y 90 días, no así la densidad baja (Fig. 27).

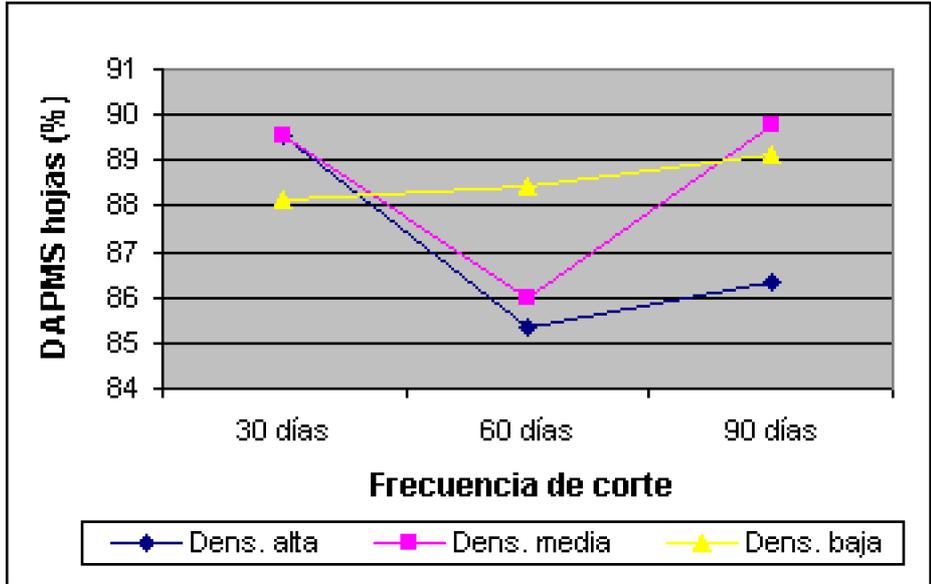


Figura 27. Efecto de la interacción en la DAPMS de las hojas.

9.5. Efecto de la interacción sobre la concentración energética de hojas.

Se presentó interacción densidad-frecuencia en la ED de las hojas, entre la densidad alta y media, ya que la ED, en la densidad baja, aumentó significativamente entre las frecuencias de 30 y 60 días, no así las otras densidades, que para las mismas frecuencias, disminuyeron, lo cual se explicaría en parte debido a la concentración de minerales en las hojas y a la disminución de la DAPMS, al reducir las frecuencias de corte. Estos resultados, se relacionan directamente con los valores obtenidos para la DAPMS de hojas, ya que ésta es utilizada para el cálculo de la ED a partir de la EB. Al reducir la frecuencia de corte a 90 días, los valores disminuyeron significativamente en las tres densidades de plantación, coincidiendo con un aumento del contenido de cenizas, lo cual revelaría una menor demanda de éstas en las hojas (Fig. 28).

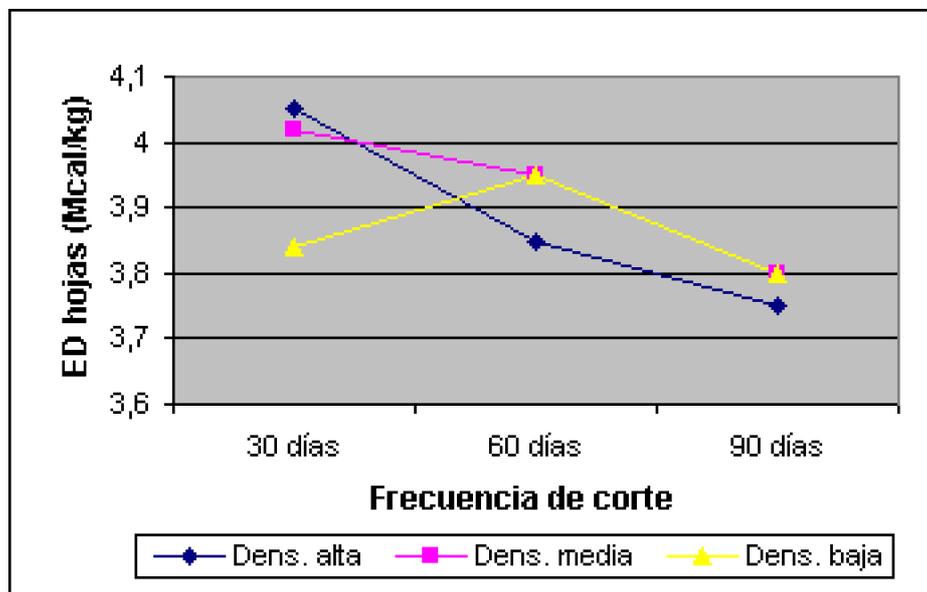


Figura 28. Efecto de la interacción en la concentración energética de las hojas.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

* El aumento en la densidad de plantación, produce un incremento en la producción de materia seca por unidad de superficie, pero disminuye la producción por planta.

- El aumento del intervalo de corte, provoca incrementos en la fitomasa cosechada, pero el crecimiento promedio diario disminuye con cortes cada 60 días, y aumenta al cortar cada 90 días, respecto de la frecuencia de 30 días.
- El aumento en la densidad de plantación, provoca incrementos en el valor nutritivo de hojas en los cortes cada 30 días, no así en los cortes cada 60 y 90 días en que éste disminuye.
- En los tallos, el aumento en la densidad de plantación produce un incremento en el valor nutritivo en las frecuencias de 30 y 60 días debido a una mayor DAPMS, no así al cortar cada 90 días en que disminuye.
- Al aumentar el intervalo de corte, el valor nutritivo de hojas disminuye en las densidades alta y media, no así en la densidad baja, en que éste aumenta. En los tallos, el valor nutritivo disminuye al aumentar el intervalo de corte.
- Existen interacciones densidad-frecuencia significativas para los diferentes componentes del valor nutritivo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALONSO, J; FEBLES, G; FERNANDEZ, F; RIVERA, V; RIBAS, M; GUTIERREZ, J.C. y GUTIERREZ, M. 2000. Efecto de la edad al primer corte en el comportamiento productivo de tres variedades de morera (*Morus sp*). Revista cubana Cienc. Agric. N°34: 363-368.
- ANRIQUE, R. 1993. Bases para la alimentación de la vaca lechera de alta producción en pastoreo. 211-234. In: Producción Animal, Serie B-17. Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists) 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Washington, D.C. 1018 p.
- AZCON-BIETO, J. y TALON, M. 2000. Fundamentos de Fisiología vegetal. Editorial McGraw-Hill, Interamericana, Madrid, España. 522 p.
- BARCELO, J; NICOLAS, G; SABATER, B. y SANCHEZ, R. 1990. Características generales del crecimiento, 341-353. In: Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide S.A., Madrid, España.
- BENAVIDES, J. 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. Agroforestería en las Américas. Año 2. N° 7: 112-120.
- BENAVIDES, J. 2000. Utilización de morera en sistemas de producción animal. Bibliografía selecta de la Red Latinoamericana de Agroforestería Pecuaria. In: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.

- BOSCHINI, F.C. 2000a. Establishment and Management of mulberry for Intensive Forage Production. FAO Electronic Conference mulberry for Animal Production. In: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- BOSCHINI, F.C. 2000b. Nutritional Quality of Mulberry Cultivated and Harvested for Ruminant Feeding. FAO Electronic Conference mulberry for Animal Production. In: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- BUXTON, D.R. y FALES, S.L. 1994. Plant Environment and Quality. 155-176. In: Forage Quality Evaluation and Utilization. Editores Fahey G.C. Jr, et al., 998 p.
- CANTO, T. y DE ALMEIDA, J.E. 2000. The Forage Potential of some Mulberry Clones in Brazil. FAO Electronic Conference mulberry for Animal Production. In: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- CARMONA, M.F. 1988. Alturas de poda en cuatro materiales de morera. Avances técnicos del C.D.T.S, 2 (2): 42-51.
- CARO, N.; COFRE, P. y CHAVARRIA, J. 1992. Alfalfa en el secano precordillerano de ñuble. Análisis de seis temporadas de producción. Revista Tierra Adentro (Chile), n. 45: 41- 43.
- CATRILEO, A. y ROJAS, C. 1995. Uso del Lupino en producción animal. Revista Tierra Adentro (Chile), n. 4: 48-49.
- CERDA, D.; MANTEROLA, H.; SIRHAN, L. e ILLANES, B. 1987. Validación y estudios comparativos de métodos estimadores de la digestibilidad aparente de alimentos para rumiantes. IV. Estudios del método de digestibilidad enzimática como predictor de la digestibilidad aparente. Av. Prod. Anim. 12 (1-2): 87-97. Santiago, Chile.
- CIFUENTES, C.C. y WOOK, S.K. 1992. Manual Técnico de Sericultura. Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. 108 p.
- CIFUENTES, C.C. 1996. Comportamiento Agronómico de la morera (*Morus indica*) Var. Kanva 2 en la Granja "Rafael Escobar Pizano" – CENICAFE, Supia. Revista Sericultura Colombiana, Universidad de Caldas. N°10: 7-10.
- CRUZ, B.L. 1997. Distancia de siembra en cuatro variedades de morera (*Morus sp.*). Revista Sericultura Colombiana, Universidad de Caldas. N°17: 6-10.
- EDITORIAL ATLANTIDA, S.A. 1943. La morera. Variedades, multiplicación, cultivo, cosecha e industrialización. Buenos Aires, Argentina. 155 p.
- FERNANDEZ, J.; PULIDO, R. y BALOCCHI, O. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. Agricultura Técnica (Chile), 62 (1): 87-98.
- FIGUEROA, M.; TIMA, M.; CAMPOS, J.; DOUSSOULIN, M. y LECANNELIER, R. 2003. Control de malezas en el establecimiento de un alfalfar: I. Uso de Preside[®] como herbicida de presiembra. 43-44. In: XXVII Reunión anual SOCHIPA, Libro de Resúmenes. Escuela de Agronomía, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.
- FLORES, M.; ALOMAR D. y BALOCCHI O. 2000. Efecto del período de rezago sobre la calidad de cinco gramíneas forrajeras y su predicción por NIRS. Agro Sur 28 (1):

41-55.

- GARATE, A. y BONILLA, I. 2000. Nutrición mineral y producción vegetal. 113-130. *In*: Fundamentos de fisiología vegetal. Ediciones McGraw–Hill. Madrid, España.
- GOERING, H. K. y VAN SOEST, P. J. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture Research Service. USDA. Agricultural Handbook No. 379, 20 p.
- GOMEZ, J. H. 1999. El forraje de morera (*Morus sp*) como suplemento a dietas de rumiantes. Revista Sericultura Colombiana, Universidad de Caldas. N°19: 12-13.
- HAZARD, S.; MORALES, M.; BUTENDIECK, N; GOMEZ, P. y MARDONES, P. 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, Chile. Agricultura Técnica (Chile), 61 (3): 306-318.
- HEPNER, G.K. 1992. Efecto de la fitomasa remanente sobre la producción de materia seca, el valor nutritivo y la biomasa de raíces en *Festuca arundinaceae*. Tesis de Postgrado. Santiago, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 67 p.
- HERNANDEZ, N. 2003. Valoración nutritiva en la biomasa de *Morus alba* y *Morus multicaulis* en tres localidades de la zona central de Chile. Tesis Mag. Sc., Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 74 p.
- IICA.1999. Acuerdos y negociaciones comerciales multilaterales de la OMC y políticas para el desarrollo del sector agropecuario. Santiago, Chile. 71 p.
- JAHN, E.; VIDAL, A. y SOTO, P. 2000. Sistema de producción de leche basado en alfalfa (*Medicago sativa*) y maíz (*Zea mays*) para la zona centro sur. II. Consumo y calidad del forraje. Agricultura Técnica (Chile) 60(2): 99-111.
- LIU, J.X; JUN YAO, YAN; B.J.Q.YU; Z.Q.SHI and X.Q.WANG. 2000. The Nutritional Value of Mulberry Leaves and their Use as Supplement to Growing Sheep Fed Ammoniated Rice Straw.FAO Electronic Conference mulberry for Animal Production. *In*: Simposio Internacional “Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur”, Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- MARTIN, G.; HERNANDEZ, I.; GARCIA, F.; REYES, F.; GONZALES, T. y MILERA, M. 2000. Estudios agronómicos realizados en Cuba en *Morus alba*. En: Pastos y Forrajes, 23: 323-332.
- MURILLO, J.; SANGINES, G.; LARA, I.; RIVERA, I.J.A.; PINZON, I.I.; RAMOS, T.O.; ITRA, M.; FUENTES, C.C. y AZCORRA, G. 2000. Avances en los programas de investigación en morera (*Morus alba*) en Yucatán. Bibliografía selecta de la Red Latinoamericana de Agroforestería Pecuaria. *In*: Simposio Internacional “Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur”, Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- NELSON, C.J. y MOSER, L.E. 1994. Plant Factors Affecting Forage Quality. 115-153. *In*: Forage Quality Evaluation and Utilization. Editores Fahey G.C. Jr, et al, 998 p.
- N.R.C. (National Research Council).1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press. Sixth Revised Edition. Washington, D.C. 90 p.
- OJEDA, F.; MILERA, M.; HERNANDEZ, I.; SALINAS, A.; MARTIN, G. y GONZALES, E. 2000. La Morera en Cuba: Avances de su empleo dentro de las estrategias de suplementación del ganado rumiante. Bibliografía selecta de la Red Latinoamericana

- de Agroforestería Pecuaria. *In*: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- OLIVARES, E.A. 1986. Competencia: Un concepto fundamental en el manejo de praderas. Departamento de Producción Animal, U. de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Publicación docente N° 12. 107 p.
- PARGA, J. 1995. Utilización de la alfalfa en la décima región. *Revista Tierra Adentro* (Chile), n. 4: 37-39.
- PICHARD, G. 1993. Recursos forrajeros complementarios en los sistemas de producción animal en base a praderas. 295-326. *In*: Producción Animal, Serie B-17. Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- RIVEROS, E. 1986. Digestibilidad de los forrajes como expresión de su valor nutritivo. *Av. Prod. Anim.* 11 (1-2): 3-25. Santiago, Chile.
- SANCHEZ, M.D. 2000a. Morera: Un forraje excepcional disponible mundialmente. Bibliografía selecta de la Red Latinoamericana de Agroforestería Pecuaria. *In*: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- SANCHEZ, M.D. 2000b. World Distribution and Utilization of mulberry, Potential of Animal Feeding. FAO Electronic Conference mulberry for Animal Production. *In*: Simposio Internacional "Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur", Dairy Cattle – FAO, Juiz de Fora – MG – Brasil.
- SANTIBAÑEZ, F. 2004. Resumen Meteorológico Diario. Estación Antumapu. Disponible en: <http://www.agronetchile.com> . Consultado en Julio 2004.
- SOQUIMICH. 2001. Agenda del Salitre. Santiago, Chile. 1515 p.
- SOTO, J. 1989. Efecto de la densidad poblacional sobre el rendimiento de tres híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en Valdivia. Tesis Ing. Agr, Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 64p.
- TORRES, C.F. 1997. Factores que influyen en la producción de hoja de morera. *Revista Sericultura Colombiana*, Universidad de Caldas. N°18: 12-14.
- URTASUN, P. 1995. Influencia de la densidad poblacional sobre el rendimiento y otras características de los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) INIA 160 y SX 77, en la región Metropolitana. Tesis Ing. Agr, Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultas de Ciencias Agronómicas. 71p.