

RESPUESTA DE LA MORERA (*Morus alba*) A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA, DENSIDADES DE SIEMBRA Y A LA DEFOLIACIÓN ¹

Carlos Boschini F.², Herbert Dormond H.², Alvaro Castro R.³

RESUMEN

Respuesta de la morera (*Morus alba*) a la fertilización nitrogenada, densidades de siembra y a la defoliación. En la Estación Experimental de Ganado Lechero "Alfredo Volio Mata", ubicada en una zona de bosque húmedo montano bajo, se evaluó una plantación de morera de dos años de edad, dividida en tres parcelas, con un distanciamiento entre plantas de 60, 90 y 120 cm entre hileras y plantas. Cada parcela se uniformó en una altura de poda de 60 cm. Las subparcelas se podaron en forma consecutiva a 56, 84 y 112 días durante 224 días. Se adicionaron cinco dosis de nitrógeno (0, 150, 300, 450 y 600 kg/ha). El rendimiento anual de materia seca de la planta entera de morera, sus tallos y hojas, resultó significativo ($P = 0,01$) influido por la distancia de siembra y la frecuencia de corte. El rendimiento de hojas y tallos disminuyó conforme aumentó la distancia de siembra. La frecuencia de corte mostró una influencia marcada ($P = 0,01$) sobre la producción de biomasa en la planta entera y sus partes. El nitrógeno no mostró ningún efecto diferencial ($P > 0,05$) sobre el rendimiento de biomasa total o sobre la producción de hojas o tallos.

ABSTRACT

Mulberry bush (*Morus alba*) response to nitrogen fertilization, sowing densities and to defoliation. This experiment was carried out at the Alfredo Volio Mata Dairy Cattle Experimental Station in Costa Rica. A mulberry bush plantation was divided into three plots: with a distance of 60, 90 and 120 cm between rows and plants. All plots were uniformly pruned at 60 cm from the ground. During a 224-day period, these subplots were pruned consecutively every 56th, 84th and 112th day. The annual yield of dry matter of the whole mulberry bush (stems and leaves) was influenced ($P = 0.01$) by all the factors studied. The planting distance had a decreasing effect on the Yield of stems and leaves increased as the distance decreased. The cutting frequency had a marked influence ($P = 0.01$) on the production of biomass in the whole plant and its parts. A linear effect ($P = 0.01$) was observed on the stem yield, as well as the whole plant, when the cutting interval increased between the 56th and 112th days. A negative effect ($P < 0.05$) was observed in the leaf:stem ratio when the pruning interval was increased. The nitrogen dosage used in the experiment (0, 150, 300, 450 and 600 kg/ha) did not show a differential effect ($P < 0.05$) on the total biomass yield nor on the stem or leaf production. No significant effects were observed between the planting distance or the cutting frequency and the nitrogen dosage.



INTRODUCCIÓN

La morera se ha adaptado en Mesoamérica, especialmente para la producción de follaje empleado en la alimentación de bovinos y caprinos (Rodríguez, Arias y Quiñonez, 1994; González, 1996). Es una especie arbórea que en condiciones de crecimiento libre alcanza los 12 metros de altura. Se comporta como una arbustiva perenne bajo un manejo de poda periódica. Es una planta de crecimiento rápido, con un sistema radical fuerte, profuso y de rebrotes foliares vigorosos (Paolieri, 1970; Tieng-Zing *et al.*, 1988).

La producción de biomasa en explotación intensiva, sembrada en suelos bien drenados, zonas de alta luminosidad y con una precipitación media o alta, muestra en Costa Rica rendimientos de biomasa fresca de 70-119 t/ha/año (Boschini, Dormond y Castro, 1998; Espinoza, 1996). En Centroamérica, se han informado de rendimientos de 19 a 28 t/ha/año de materia seca con plantas enteras, cosechadas a 60-80 cm sobre el nivel del suelo, en intervalos de poda de seis a 12 semanas y con densidades de siembra de 20000 plantas por hectárea (Blanco, 1992; Rodríguez, Arias y Quiñonez, 1994). Los resultados de los experimentos en

¹ Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, N° 737-96-303. Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

³ Programa de Ganado Caprino. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Gobierno de Costa Rica.

Mesoamérica muestran una tendencia a que el rendimiento por área mejora al aumentar la densidad de siembra y el plazo entre podas. La producción foliar es superior a la del tallo durante los primeros 100 días de rebrote (Boschini, Dormond y Castro, 1998), posteriormente se favorece la producción de tallo. La calidad bromatológica de las hojas, particularmente el contenido de proteína, se mantiene constante durante los primeros cuatro a cinco meses (Estrada, 1995; Benavides, Lachaux y Fuentes, 1994; Velazquez *et al.*, 1993).

Los altos contenidos de proteína en las hojas y los grandes rendimientos de biomasa por unidad de área, indican la necesidad de reponer al suelo el nitrógeno extraído por la planta, en proporciones relativamente altas. La Asociación Internacional de Industriales de Fertilizantes recomiendan 300, 160 y 200 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente (IFA, 1992) en suelos de origen volcánico. Rodríguez, Arias y Quiñonez (1994) han aplicado dosis de cero, 40 y 80 kg de N/ha/corte en Guatemala, con rendimientos aceptables, pero observaron una baja respuesta en el incremento de proteína cruda en las hojas (17,5 a 18%). Benavides, Lachaux y Fuentes, (1994) en Costa Rica, empleó niveles de fertilización nitrogenada de cero a 480 kg/ha/año, durante tres años, logrando rendimientos medios de 19 a 30 toneladas de materia seca por ha/año. La morera ha mostrado, en condiciones tropicales, altos rendimientos de materia seca a través de los ciclos anuales de producción. Se hace necesario conocer la respuesta del cultivo de morera a la fertilización nitrogenada bajo diferentes prácticas de establecimiento y

poda. El experimento de campo se llevó a cabo con el propósito de conocer el efecto de diferentes dosis de nitrógeno, aplicado al suelo, sobre la producción de biomasa, en cultivos sembrados a diferentes distancias entre plantas y cosechados a diferentes frecuencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata, ubicada en la latitud 10 norte, longitud 84 oeste, a 1542 msnm de altitud, 2050 mm de precipitación media anual, distribuida entre los meses de mayo a noviembre. Los restantes meses son de periodo seco. La temperatura media es de 19,5 °C y una humedad relativa promedio de 84%. El suelo está clasificado como Typic Distrandepts, de origen volcánico (Vasquez, 1982), caracterizado por tener una profundidad media con buen drenaje natural, una fertilidad media (Cuadro 1). Dentro de la clasificación ecológica, la zona se tipifica como bosque húmedo montano bajo (Tosi, 1970; citado por Vásquez, 1982).

Se empleó una plantación establecida en mayo de 1993 en una área de 5000 m². Se dividió en tres parcelas grandes con distancias de siembra de 60, 90 y 120 cm entre hileras y plantas, cada lote. Las densidades de siembra correspondieron a 27.777; 12.345 y 6.944 plantas/ha (Boschini, Dormond y Castro, 1998). En mayo de 1995, se podaron las plantas de los tres lotes, de manera uniforme a 60 cm de altura sobre el nivel del suelo. A partir de la fecha de uniformización se progra-

Cuadro 1. Análisis químico inicial del suelo sembrado con el cultivo de morera. Cartago, Costa Rica. 1995.

Contenido	Unidades	Profundidad de suelo, cm			Promedio
		0 - 10	10 - 20	20 - 30	
pH		6,10	6,20	6,20	6,17
Materia orgánica	%	4,02	10,52	3,48	6,01
Nitrógeno total	%	0,23	0,46	0,19	0,29
Nitrógeno - nitrato	mg/kg	41,73	10,57	10,07	20,79
Nitrógeno - amoniacal	mg/kg	4,06	2,15	5,16	3,79
Potasio	cmol/l	1,73	1,48	1,17	1,46
Fósforo	mg/l	16,30	12,60	12,20	13,70
Calcio	cmol/l	8,32	6,97	7,52	7,60
Magnesio	cmol/l	4,11	4,01	4,13	4,08
CICE		14,30	12,56	12,87	13,24
Acidez	cmol/l	0,14	0,10	0,05	0,10
Cobre	mg/l	32,50	35,90	35,40	34,60
Hierro	mg/l	323,00	364,00	370,00	352,33
Manganeso	mg/l	15,70	8,00	7,00	10,23
Zinc	mg/l	3,20	3,00	3,60	3,27
Boro	mg/l	0,45	0,35	0,28	0,36
Azufre	mg/l	4,18	4,55	3,88	4,20

maron tres cortes consecutivos cada 56 días, dos cada 84 y 112 días (subparcelas). Cada subparcela fue dividida en cinco subsubparcelas para los tratamientos de fertilización nitrogenada. Cuando el rebrote de las plantas alcanzó de tres a cinco cm de largo (10-14 días posteriores a la poda) las parcelas pequeñas se fertilizaron con nitrato de amonio, en las dosis correspondientes a los tratamientos cero, 150, 300, 450 y 600 kg N/ha/año.

Se empleó una estructura experimental de parcelas subsubdivididas, con observaciones en el tiempo desigualmente repetidas. En las parcelas grandes se ubicaron las distancias entre plantas, las frecuencias de corte en las subparcelas y en las parcelas pequeñas a los niveles de fertilización nitrogenada, usando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijklm} = U + D_i + F_j + N_k + C(F)_{jl} + DF_{ij} + DN_{ik} + FN_{jk} + DFN_{ijk} + E_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = Producción de materia seca en kg/ha/año.

U = Media general.

D_i = Efecto de la i -ésima distancia de siembra (60, 90, 120 cm).

F_j = Efecto de la j -ésima frecuencia de corte (56, 84, 112 días).

N_k = Efecto del k -ésimo nivel de nitrógeno (cero, 150, 300, 450, 600 kg/ha/año).

$C(F)_{jl}$ = Efecto del l -ésimo número de corte dentro de la j -ésima frecuencia de corte.

DF_{ij} = Efecto de i -ésima distancia de siembra por la j -ésima frecuencia de corte.

DN_{ik} = Efecto de i -ésima distancia de siembra por el k -ésimo nivel de fertilización.

FN_{jk} = Efecto de j -ésima frecuencia de corte por el k -ésimo nivel de fertilización.

DFN_{ijk} = Efecto de la i -ésima distancia de siembra por la j -ésima frecuencia de corte por el k -ésimo nivel de fertilización.

E_{ijklm} = Error experimental.

Cada parcela fue podada completamente, en las frecuencias de corte programadas, a 60 cm sobre el nivel de suelo, con tijera. La producción de biomasa fresca se pesó en el campo. Posteriormente se obtuvo una muestra del material cosechado y se separaron las hojas

y tallos. Cada una fue pesada en fresco, secada a 60 °C durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante y pesada nuevamente en seco. Estas muestras se molieron en un molino Willey, con malla de un mm de paso. Posteriormente, se determinó el contenido de materia seca a 105 °C (AOAC, 1980). Se estimaron los rendimientos de biomasa seca, en la planta entera, hojas y tallos, a partir de los muestreos realizados. Los resultados se analizaron con el PROC GLM del paquete estadístico SAS (1985) con el modelo propuesto. A los efectos principales que fueron significativos ($P < 0,05$) en el análisis de varianza, se les hizo un análisis de tendencias, debido a que los niveles en cada factor estudiado se distribuyeron ortogonalmente.

RESULTADOS

La producción de materia seca total de morera, sus tallos y hojas, obtenido en este experimento de campo, en cada una de las distancias de siembra, frecuencias de corte y niveles de fertilización nitrogenada se presentan en el Cuadro 2. El rendimiento general de la planta entera fue de 19097 (DE 7790) kg/ha/año de materia seca, de tallo fue 9353 (DE 4809) y de hoja 9744 (DE 3804) kg/ha/año. Las distancias de siembra y las frecuencias de defoliación resultaron altamente significativas ($P < 0,01$) sobre la producción de biomasa total de la planta y de sus componentes. El factor niveles de fertilización nitrogenada, como efecto principal, no mostró ninguna influencia importante ($P > 0,05$) sobre la producción de materia seca en la planta entera, en tallos y hojas.

La densidad de siembra tuvo un marcado efecto sobre la producción de materia seca en las plantas. Conforme aumentó la distancia de siembra, se observó que los rendimientos disminuyeron a tasas decrecientes (tendencia cuadrática). En la distancia de 60 cm entre plantas, la producción de hojas y tallos fue muy similar. Al aumentar la distancia de siembra a 90 cm, la producción de hojas disminuyó a razón de 180,9 kg/ha/año por cada cm en el aumento de la distancia entre hileras y plantas dentro de las hileras. En este mismo intervalo, la producción de tallos disminuyó 215,3 kg/ha/año por cada cm de aumento en la distancia de siembra. Cuando la distancia entre plantas subió a 120 cm, el rendimiento de hojas disminuyó a una tasa de 80,9 kg/ha/año y la de tallos en 74,2 kg/ha/año por cada cm de aumento en la distancia de siembra entre 90 y 120 cm. La disminución en el rendimiento de la planta entera fue de un 41,6% al incrementarse la distancia de siembra de 60 a 90 cm y de 27,9% al subir de 90 a 120 cm entre plantas. La relación hoja : tallo fue de 0,98; 1,10 y 1,10 para las distancias de siembra de 60, 90 y 120

Cuadro 2. Producción anual de materia seca de morera, cosechada a diferentes distancias de siembra, frecuencias de corte y niveles de fertilización nitrogenada en kg/ha. Cartago, Costa Rica. 1995.

Variable	Promedio Planta entera	DE	Promedio Tallos	DE	Promedio Hojas	DE
Distancias de siembra						
cm						
60	28574	13034	14401	6011	14172	6432
90	16686	7024	7942	4779	8744	3507
120	12033	6790	5716	3619	6316	3768
Frecuencias de corte						
(días)						
56	12949	7579	5524	3281	7425	3345
84	20414	9530	9709	4977	10705	5002
112	27004	14160	14741	7646	12261	5752
Niveles de N (kg/ha/año)						
0	16676	7027	7726	4426	8949	4880
150	19663	6526	9875	5513	9788	4265
300	19726	7721	9694	5212	10032	5835
450	20341	8594	9879	5442	10461	5625
600	19082	6389	9592	4548	9691	4076

cm, respectivamente.

La frecuencia de corte mostró una respuesta diferencial marcada ($P < 0,01$) sobre el rendimiento de hojas y tallos. Al aumentarse el intervalo periódico de corte, la producción de materia seca incrementó proporcionalmente en la planta entera. En la hoja, el rendimiento entre 56 y 84 días creció a razón de 117 kg/ha/día y entre 84 y 112 días fue de 55,6 kg/ha/día. El tallo creció a una velocidad de 149,3 kg/ha/día entre las frecuencias de 84 y 112 días. En las dos primeras frecuencias de corte, la producción de hoja fue superior a la de tallo, y en la frecuencia de 112 días esta tendencia se invirtió. Se observa evidentemente una interacción entre las proporciones de hojas y tallos, con valores de relación de 1,34; 1,10 y 0,83 en las frecuencias de 56, 84 y 112 días, respectivamente. Se estimó que la producción de tallo alcanzó la producción de hoja a los 98 días de rebrote, en ese momento la relación hoja:tallo fue igual a uno. Posteriormente, la acumulación de tallo es superior a la de hoja. A pesar de los cambios en las proporciones de hojas y tallos, el rendimiento de materia seca anual por unidad de área, en la planta entera, mostró una tendencia lineal bien definida, compensándose la producción de materia seca en las hojas, de modo inverso, con la producción de tallo.

Los niveles de nitrógeno introducidos al experimento como una fuente de variación, no expresaron diferencias significativas ($P > 0,05$) de orden estadístico o de manejo productivo de consideración importante.

La producción de biomasa total mostró una ligera tendencia de rendimientos decrecientes a través de los cinco niveles de fertilización, con aumentos decrecientes a partir de la aplicación de 150 kg de N/ha/año, hasta alcanzar un máximo en 450 kg de N/ha/año y un leve decrecimiento en la producción con la dosis de 600 kg de N/ha/año. Similar respuesta se observó en la producción de hojas y tallos separadamente. La mayor relación hoja:tallo (1,15) se expresó en el tratamiento de cero fertilización nitrogenada. El nivel de 150 kg de N/ha/año estimuló por igual la producción de hoja y tallo (0,99) y a partir de 300 kg de N/ha/año se observó un incremento de 3,5% de hoja y un 5,9% en el nivel siguiente. Con la dosis de 600 kg de N/ha/año volvió a reducirse esa relación a 1,01.

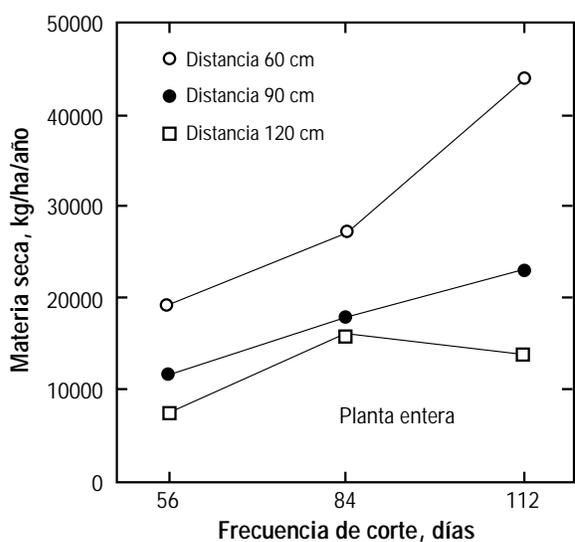
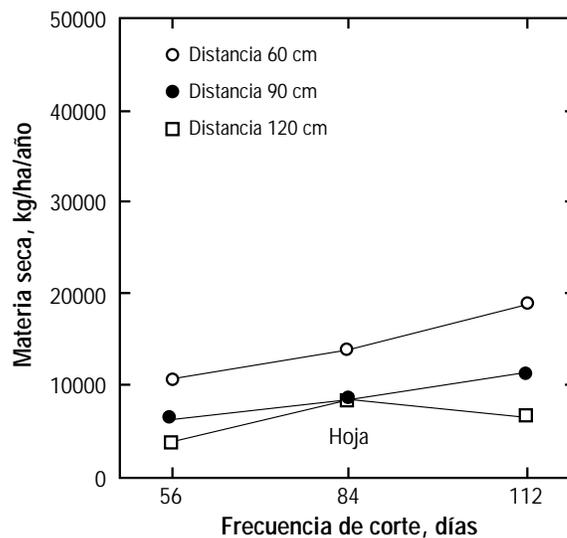
La interacción de las fuentes de variación distancia de siembra por frecuencias de corte (Cuadro 3) mostró un efecto significativo sobre la producción de la planta entera ($P < 0,05$), tallo ($P < 0,01$) y hoja ($P < 0,05$). En la Figura 1, se observa el comportamiento del crecimiento de la planta entera en las tres frecuencias de corte dentro de cada distancia de siembra. En la densidad intermedia (90 cm entre plantas) la producción de biomasa total tuvo un comportamiento lineal muy definido a través de las frecuencias de poda aplicadas. Esta tendencia cambió en las distancias de 60 y 120 cm entre plantas. En la primera de estas dos, el rendimiento se mostró creciente, mientras que a 120 cm se observó en modo decreciente, conforme aumentó el largo del período de corte.

Cuadro 3. Producción anual de materia seca de morera, a diferentes distancias de siembra por frecuencia de corte en kg/ha. Cartago, Costa Rica. 1995.

Variable		Promedio Planta entera	DE	Promedio Tallos	DE	Promedio Hojas	DE
Distancias de siembra(cm)	Frecuencias de corte (días)						
60	56	19348	11599	8267	5454	11082	6174
60	84	27172	8895	12972	4606	14200	4412
60	112	42813	22848	25031	12423	18780	10525
90	56	11685	5485	4905	2713	6779	2832
90	84	17851	2421	8747	1395	9103	1073
90	112	23023	9441	11692	4920	4332	4955
120	56	7813	4056	3398	1973	4414	2096
120	84	16219	3656	7408	2621	8811	2695
120	112	14174	3491	7500	1965	6673	1657

En la Figura 2 se presenta el rendimiento de hoja desagregado en los dos factores estudiados. La producción foliar en la distancia de siembra de 60 cm fue mayor que la observada a 90 cm, sin embargo, ambas muestran un crecimiento lineal conforme aumenta el intervalo de corte. A 120 cm de distancia de siembra entre plantas, el rendimiento de hoja es menor que los anteriores, en cualquier frecuencia de poda. La tasa de crecimiento declinó después de la frecuencia de 84 días, a razón de $-76,3$ kg de materia seca/ha/día. la productividad de cada planta varió con la densidad de siembra. En la distancia de 60 cm entre plantas, se observaron rendimientos de 0,39; 0,51 y 0,67 kg/planta/año a 56, 84 y 112 días de intervalo de poda. A 90 cm fueron de 0,55; 0,73 y 0,92 kg/planta/año y a 120 cm de

0,63; 1,27 y 0,96 kg/planta/año en las frecuencias de 56, 84 y 112 días, respectivamente. La Figura 3 muestra el crecimiento del tallo durante los intervalos de corte en cada distancia de siembra. La producción de tallo en la distancia de 60 cm fue superior que a 90 cm y esta mayor que a 120 cm en todas las frecuencias de corte. A 90 cm entre plantas, el crecimiento es claramente lineal conforme transcurre el intervalo de poda. La velocidad de crecimiento entre 56 y 84 días fue de 168,0; 137,2 y 143,2 kg diarios/ha para los distanciamientos de 60, 90 y 120 cm. Entre 84 y 112 días, esa tasa mostró variaciones de 430,6; 105,1 y 3,3 kg/ha/día, respectivamente en las distancias de 60, 90 y 120 cm. Obviamente las respuestas en ambos periodos fue diferente. El crecimiento diario declinó fuertemente en el

**Figura 1.** Rendimiento de materia seca de la planta entera de morera, sembrada a tres distancias de siembra y a tres frecuencias de poda. Cartago, Costa Rica. 1995.**Figura 2.** Rendimiento de hoja de morera, sembrada a tres distancias de siembra y a tres frecuencias de poda. Cartago, Costa Rica. 1995.

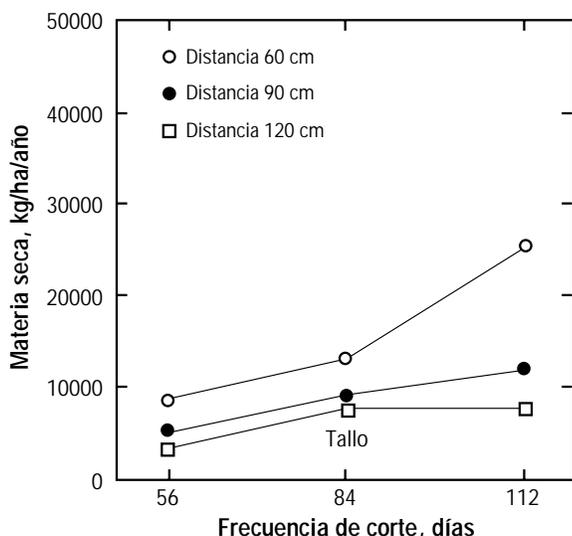


Figura 3. Rendimiento de tallo de morera, sembrada a tres distancias de siembra y a tres frecuencias de poda. Cartago, Costa Rica. 1995.

segundo periodo en la distancia de 120 cm e incrementó en la distancia de 60 cm. Dentro de cada densidad de siembra, el rendimiento medio de materia seca de tallo fue de 0,29; 0,46 y 0,90 kg/planta/año en las frecuencias de poda de 56, 84 y 112 días en la distancia de siembra a 60 cm a 90 cm, fue de 0,39; 0,70 y 0,94 kg/planta/año y a 120 cm de 0,49; 1,06 y 1,08 kg/planta/año en las frecuencias de 56, 84 y 112 días, respectivamente.

En el Cuadro 4 se presenta la producción anual de materia seca total, de hoja y de tallo, obtenida por interacción de los factores distancia de siembra y dosis de nitrógeno aplicado. En el Cuadro 5 se observan los valores medios de la producción anual de materia seca por hectárea, de la planta entera y sus partes, sometida a tres frecuencias de corte y cinco niveles de fertilización. Tanto la producción de hojas y tallos separadamente como el rendimiento conjunto no mostraron una respuesta diferencial ($P > 0,05$) a los niveles de fertilizante aplicado en combinación con las distancias de siembra o las frecuencias de defoliación.

La interacción de las variables distancia de siembra por frecuencias de corte y por niveles de fertilización resultó altamente significativa ($P < 0,01$) para la producción de materia seca total, no significativa ($P > 0,05$) para la producción de hoja y altamente importante ($P < 0,01$) para el crecimiento del tallo. Estos resultados presentaron variaciones muy amplias y discontinuas, sin mostrar una tendencia específica particularmente entre los tratamientos de fertilización aplicados.

DISCUSIÓN

Los resultados experimentales presentados en el Cuadro 2, muestran rendimientos medios generales de morera en la planta entera, hojas y tallos muy similares a los reportados por Boschini *et al.* (1998) en la misma plantación con dos años menos de edad y manejados

Cuadro 4. Producción anual de materia seca de morera a diferentes distancias de siembra por niveles de fertilización nitrogenada en kg/ha. Cartago, Costa Rica. 1995.

Variable		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Distancias de siembra (cm)	Fertilizante nitrogenado (kg/ha/año)	Planta entera		Tallos		Hojas	
60	0	27350	17580	12948	9743	14402	8076
60	150	29464	19077	15359	6600	14102	9793
60	300	27750	10699	14141	7559	13610	3534
60	450	31125	19414	15688	9270	15434	8360
60	600	27178	12628	13868	7614	13312	5396
90	0	14125	6494	6204	3010	7921	3957
90	150	16248	7603	7614	3786	8635	3977
90	300	17921	8085	8558	4338	9362	3489
90	450	16919	8646	8345	4981	8573	3788
90	600	18216	9585	8987	5268	9229	4329
120	0	8550	3982	4026	2128	4524	1873
120	150	13276	6282	6650	3423	6625	2909
120	300	13505	4732	6383	2614	7121	2184
120	450	12979	5438	5602	3518	7376	3919
120	600	11851	5276	5918	2879	5932	2588

Cuadro 5. Producción anual de materia seca de morera a diferentes frecuencias de corte por niveles de fertilización nitrogenada en kg/ha. Cartago, Costa Rica. 1995.

Variable		Promedio Planta entera	DE	Promedio Tallos	DE	Promedio Hojas	DE
Frecuencias de corte (días)	Fertilizante nitrogenado kg/ha/año						
56	0	12027	5343	5016	3163	7011	3215
56	150	13023	9975	5598	3555	7425	3447
56	300	15303	7977	6436	3777	8866	4285
56	450	11348	7600	4785	3414	6561	3195
56	600	13043	9298	5782	4450	7261	3858
84	0	18562	6790	8663	2816	9900	4044
84	150	17833	3656	8673	2288	9160	1452
84	300	18933	4462	9252	2585	9680	1926
84	450	25767	11865	11673	7037	14093	5712
84	600	20975	6857	10294	3239	10682	3670
112	0	21762	9375	10855	5686	10904	5011
112	150	31452	10274	17501	6819	13950	6359
112	300	27153	12949	15023	8100	12130	4976
112	450	28404	8560	15724	6652	12678	7909
112	600	26245	13571	14602	7669	11644	6024

bajo idénticas frecuencias de corte. Se hace notar en esta comparación la persistencia del cultivo al cumplir cuatro años de establecido, así como la capacidad de rebrote y la persistencia de la planta sometida a la defoliación periódica para la producción de forraje usado en la alimentación de bovinos y caprinos (Castro, 1989).

En experimentos previos se ha observado que tanto la distancia de siembra como la frecuencia de corte, tienen una gran influencia sobre el rendimiento de la morera (Benavides *et al.*, 1986; Rodríguez *et al.*, 1989 y Boschini *et al.*, 1998). En este experimento se confirma que la distancia de siembra influye el rendimiento de la planta productora de follaje (Cuadro 2). Se observó que a mayor espaciamento entre plantas disminuye el rendimiento por hectárea. Sin embargo, la producción de biomasa por planta, en forma proporcional, tanto hojas como tallos son estimulados a aumentar su masa al aumentar la distancia entre plantas. Este rendimiento fue de 0,51 y 0,52 kg/planta/año de hojas y tallos en la densidad de 60 cm entre plantas; 0,71 y 0,71 kg/planta/año a 90 cm y de 0,91 y 0,82 kg/planta/año de hojas y tallos respectivamente en la distancia de 120cm. Cabe indicar que el rendimiento masal de hojas por planta/año fue completamente lineal al aumentar la distancia de siembra, a razón de 200 g/planta/año por cada 30 cm de aumento en la distancia entre plantas. En el tallo ese rendimiento masal tuvo un incremento de 190 g/planta/año al aumentar también 30 cm en la distancia entre plantas, en el rango de distanciamiento de 60 a 90 cm y de 110 g/planta/año al aumentar el distanciamiento 30 cm adicionales. Esto in-

dica que el incremento de tallo por planta disminuye al aumentar el distanciamiento de siembra. Tieng *et al.* (1988) y Li *et al.* (1996) han indicado este posible comportamiento al estudiar el rendimiento de la morera bajo diversas distancias de siembra.

Los resultados de producción por área (Cuadro 2) señalan que la morera podría establecerse a distancias de siembra menores a 60 cm entre plantas, con mayores rendimientos esperados. Sin embargo, claramente se debe esperar un rendimiento anual de hojas y tallos bajo por planta, bajo las condiciones de luminosidad, temperatura, precipitación y suelo de esta zona geográfica. En Turrialba (Benavides, Borel y Esnaola 1986) donde la temperatura ambiental media y la luminosidad a través del año son mayores, se obtuvieron rendimientos de 2,32 kg/planta/año de materia seca con podas a 50 cm de altura sobre el nivel de suelo y de 2,12 kg/planta/año con podas a 100 cm de altura en cultivos de 20.000 plantas/ha. Estos valores de crecimiento acumulado por planta fueron mayores a los obtenidos en este experimento; sin embargo, coinciden con los resultados informados por Espinoza (1996) para las zonas de Puriscal y Coronado.

La intensidad de la defoliación de la planta de morera tuvo un marcado efecto ($P < 0,01$) sobre el rendimiento de biomasa en hojas y tallos. A mayor intervalo de corte se observaron mayores rendimientos (Cuadro 2), lo cual está fisiológicamente relacionado con el periodo de rezago entre corte y rebrote, la reserva de nutrientes al momento de la poda, la tasa

potencial de crecimiento de la planta y la prevalencia de condiciones climáticas favorables (Taiz *et al.*, 1991). Cada intervalo de poda arrastró en forma sistemática el efecto residual del estrés producido por la poda anterior. Los resultados muestran claramente que la producción anual por hectárea fue mayor a intervalos largos de poda y disminuyó en forma proporcional en los intervalos de defoliación cortos. Similares respuestas encontraron Rodríguez, Arias y Quiñones (1994) y Boschini, Dormond y Castro (1998) al estudiar el efecto de las frecuencias de corte a través de los distintos periodos del año en Guatemala y Costa Rica, respectivamente. La producción de hojas y tallos, separadamente, tuvieron un comportamiento diferente a la suma de ellos. La producción de hojas en los dos primeros intervalos de poda fue superior al observado en el tallo. A 112 días, los rendimientos se invirtieron, siendo mayor la producción de tallo que de hoja. Entre 84 y 112 días se observa que la hoja tiene una tasa de crecimiento diario de 55,6 kg/ha y el tallo de 179 kg/ha. En este intervalo de desarrollo de la planta, la masa diaria relativa de tallo crece cerca de tres veces más rápido que la masa diaria relativa de hoja. Se estimó que a 98 días de rebrote, se produce el punto de intersección. A partir de esta edad, la planta comienza a adquirir las características leñosas naturales de una especie arbórea. A edades mayores, se complica el manejo de la planta y se pierde interés de aprovecharse como alimento forrajero. Este punto de intersección, había sido informado anteriormente por Boschini, Dormond y Castro (1998) a los 100 días de crecimiento, bajo similares condiciones. Es probable que el cultivo de morera en un ambiente mucho más cálido, la producción de tallo se estimula más temprano y alcanza a la producción de hoja en un periodo menor. Así lo sugieren los resultados de Espinoza (1996) obtenidos en un ambiente tropical seco.

La combinación de las variables distancia de siembra y frecuencia de corte fueron los factores más relevantes sobre la producción de biomasa total, hojas y tallos. El análisis simultáneo de las Figuras 2 y 3 indica que a la distancia de 60 cm entre plantas hay mayor producción de hojas que tallos hasta los 84 días de crecimiento. Después de esa edad se favorece la acumulación de tallo. En la distancia de 90 cm entre plantas se mantiene aceptable el rendimiento de hojas y tallos en cualquier edad hasta los 112 días. Sin embargo, cuando las plantas se establecieron a 120 cm de distancia entre plantas, la proporción de hojas y tallos acumulada hasta los 84 días podría ser la edad máxima de corte. Boschini, Dormond y Castro (1998) encontraron que el rendimiento de hoja y tallo decaía a los 112 días cuando se establecía a 120 cm entre plantas y contrariamente a estos resultados, no recomendó el manejo de podas a 112 días en plantaciones sembradas a distanciamientos de 60 cm entre plantas.

La falta de respuesta de la morera a los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en este experimento, es contrario a lo reportado en la literatura (IFA, 1992; Ting-Zing *et al.*, 1988; Rodríguez, Arias y Quiñones, 1994; Benavides, Lachaux y Fuentes, 1994). La aplicación de fertilizante en este cultivo debe tomar en consideración la fisiología de la planta y las características físicas y químicas del suelo. La planta pasa por tres estados fisiológicos. El primero es de crecimiento inicial, con emergencia de brotes foliares y el desarrollo de ramas. Se alimenta de los nutrientes almacenados en raíz y el tronco. La absorción radical de fertilizante es de mantenimiento basal. El segundo periodo, es de crecimiento acelerado, caracterizado por una máxima asimilación de fertilizantes aplicados. Se observa la mayor producción foliar. Posteriormente, viene un periodo de almacenamiento, se reduce la elongación y se acumularon los nutrimentos asimilados o transformados, particularmente en ramas y en la raíz. En este estado se maximiza la producción de tallo y la acumulación de carbono (Cardin y Abramides, 1972; Ayuza-wa, 1972).

En Costa Rica, Espinoza (1996), trabajando en tres zonas diferentes con tres variedades de morera y niveles de fertilización nitrogenada (180, 360 y 540 kg/ha/año) encontró respuestas diferenciadas en la producción de biomasa total. Con la aplicación de 180 kg de N/ha/año obtuvo un rendimiento medio de 16,1 t/ha/año con 360 kg de N/ha/año fue de 21,6 t/ha/año y con 540 la producción anual fue de 24,1 t/ha. Estos rendimientos no se alejan mucho de los obtenidos en el presente experimento, pero sí describen una curva de rendimientos decrecientes típico de los ensayos de fertilización. Rodríguez, Arias y Quiñones (1994) trabajando con frecuencias de poda y niveles de fertilización nitrogenada también reportaron una respuesta positiva. Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) señalan que la respuesta se acentúa conforme el intervalo de poda es mayor dentro del rango de seis a 12 semanas entre cortes.

Tanto Espinoza (1996) como Rodríguez, Arias y Quiñones (1994) y Benavides, Lachaux y Fuentes (1994), en los reportes efectuados, no hicieron referencia a la relación entre el contenido de nitrógeno en los suelos empleados y la respuesta de la producción obtenida. Se presume que trabajaron en cultivos de morera sobre suelos pobres en nitrógeno. En el presente experimento, el cultivo de morera estuvo sembrado en un suelo con un contenido de N relativamente alto (Cuadro 1), con un valor medio de 0,29% de N total en los primeros 30 cm de suelo. Adicionalmente, se observa que los valores de materia orgánica son altos, y los contenidos de nitrógeno total, están en proporción directa al contenido de materia orgánica presente en cada profundidad muestral de suelo. Se observa que la retención de

nitrógeno es alta en consecuencia. Bertsch, 1995, describe que el rango normal del nitrógeno total en el suelo va de 0,02 a 0,40% y que más allá de ese límite, sólo ocurre en presencia de altos contenidos de materia orgánica. En el suelo del cultivo experimental, se observó un valor de 0,46% de nitrógeno total en la profundidad de 10 a 20 cm. En el Cuadro 1, se observan valores altos de nitrógeno soluble, tanto en forma de amonio como de nitrato al inicio del trabajo. La falta de respuesta de la morera a la fertilización nitrogenada en el presente experimento, se explica por los altos niveles de nitrógeno presentes en el suelo, tomando en cuenta también que el contenido de los restantes nutrimentos minerales del suelo estuvieron presentes en cantidades suficientes, dentro del rango medio de fertilidad, para no calificar a éste, como otro posible factor de limitación de la producción de biomasa en el experimento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados mostraron un aumento en el rendimiento anual de biomasa total por unidad de área conforme disminuyeron las distancias de siembra entre plantas. La competencia que cada planta tuvo en el área basal, para su desarrollo radical y foliar, se manifestó en una disminución del rendimiento individual por cada planta al aumentar la densidad de siembra.

La producción de biomasa en hojas y tallos se incrementó en la medida que aumentó el largo del intervalo de poda, encontrándose una mayor proporción masal de hojas. Sin embargo, se manifestó un desmejoramiento en la relación de hoja:tallo al aumentar el largo del intervalo de corte. Se estimó que a 98 días de edad de rebrote, esta relación disminuyó a uno y posteriormente, la planta de morera adquirió una formación leñosa indeseable que creció cada día, perdiendo aceleradamente su excelente valor como productora de forraje arbustivo.

Los niveles de nitrógeno aplicados al suelo no mostraron respuestas diferenciales sobre la producción de biomasa total, ni se evidenció alguna alteración importante en las proporciones estructurales de la planta que reflejara un cambio en el rendimiento de hojas y tallos. La falta de respuesta se explicó por los altos contenidos de nitrógeno y materia seca presentes en el suelo al inicio del experimento. Se estima que con niveles de nitrógeno total en el suelo superiores a 0,29% o contenidos de nitrógeno amoniacal y de nitrato mayores a 24 mg/kg de suelo, no se recomienda la aplicación de fertilizante nitrogenado.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1980. Methods of analysis. Edición 13. Washington. D.C. EUA. Association of Official Analysis of Chemistry.
- AYUZAWA, CH, 1972. Handbook of silkworm rearing. Fujii. Pum. Ltd. Tokio. No 1. p 319.
- BENAVIDES, J., BOREL, R.; ESNAOLA, M.A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de Morera (*Morus sp*) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. Serie Técnica. Informe Técnico No 67. pp. 74-76.
- BENAVIDES, J. 1986. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de Morera (*Morus sp*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proyecto de Sistemas de Producción Animal. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No 67. pp. 74-76.
- BENAVIDES, J.; LACHAUX, M.; FUENTES, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp*). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico No 236. Volumen II. pp. 495-514.
- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.
- BLANCO, R. 1992. Distancia de siembra y altura de corte en la producción y calidad del forraje de Morera (*Morus sp*) en el parcelamiento Cuyunta, Escuintla, Guatemala. Guatemala. Universidad de San Carlos. 15 p.
- BOSCHINI, C.; DORMOND, H.; CASTRO, A. 1998. Producción de biomasa de la morera (*Morus alba*) en la Meseta Central de Costa Rica, establecida y cosechada a diferentes distancias de siembra, alturas y frecuencias de poda. Revista Agronomía Mesoamericana 9(2):28-39.
- CARDIN, A.O.; ABRAMIDES, P. 1972. Técnica de cultura de la morera *Morus alba*. Boletín Técnico No 3. 28 p.
- CASTRO, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typlodes*), suplementales con diferentes niveles de follaje de Poró (*E. poeppigrama*) y de fruto de plátano va de (*Musa sp.* var. Pelipita). Tesis M.Sc. Turrialba, C.R. UCR/CATIE. 58 p.
- ESPINOZA, E. 1996. Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres

- variedades de morera en Costa Rica. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 72 p.
- ESTRADA, A. 1995. Efecto de la sustitución de King Grass por morera sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad constante. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 63 p.
- GONZÁLEZ, J. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la morera fresca y ensilada con bovinos de engorde. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 67 p.
- IFA. INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. 1992. IFA World fertilizer use manual. Mulberry Chart. BASF. Aktiengesellschaft. Agricultural Research Station. Germany. pp. 595-601.
- LIN, J.T.; YU, S.J.; HSIEH, F.K. 1994. Effects of plant spacing on the yield and chemical compositions of mulberry leaves. *Journal of the Agricultural Association of China*. 167:43-49.
- PAOLIERI, L. 1970. Competicao de variedades de Amoreiras. Boletín Técnico de Sericultura No 57. Secretaría de Agricultura. Coordinadora de Pesquisa Agropecuaria. Instituto de Zootecnia. Secao de Sericultura. pp. 3-16.
- RODRÍGUEZ, C.; ARIAS, R.; QUIÑONES, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de Morera (*Morus* sp) en el trópico seco de Guatemala. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico No 236. Volumen II. pp. 515-528.
- SAS. 1985. Statistical analysis system. SAS User's Guide: Statistics (Version 5 Ed.) SAS Institute Inc. Cary, NC. sp.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1991. Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California, USA. sp.
- TING-ZING, Z.; YUN-FAN, T.; GUANG-XIEN, H.; HUAIZHONG, F.; BEN, MA. 1988. Mulberry cultivation. FAO agricultural services Bulletin 73/1. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. p. 127.
- VASQUEZ, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. p. 36.
- VELAZQUEZ, C.M. 1992. El forraje de morera (*Morus* sp) como fuente de proteína en dietas a base de ensilado de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) para novillos en el parcelamiento Cuyutá. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos, Guatemala. 43 p.