

# PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LA MORERA (*Morus alba*) EN LA MESETA CENTRAL DE COSTA RICA<sup>1</sup>

Carlos Boschini<sup>2</sup>, Herbert Dormond<sup>2</sup>, Alvaro Castro<sup>3</sup>

## RESUMEN

**Producción de biomasa de la morera (*Morus alba*) en la Meseta Central de Costa Rica.** En una zona de bosque húmedo montano bajo de Costa Rica, se estableció una plantación de morera dividida en tres lotes, con un distanciamiento entre plantas de 60, 90 y 120 cm entre hileras y plantas. Cada parcela se uniformó en dos alturas de poda, 30 y 60 cm sobre el nivel del suelo. Las subparcelas se podaron en forma consecutiva a 56, 84 y 112 días durante 336 días. El rendimiento anual de materia seca de la planta entera de morera, sus tallos y hojas, resultó altamente ( $P \leq 0,01$ ) influido por cada uno de los factores estudiados. La distancia de siembra mostró un efecto negativo sobre el rendimiento de hojas y tallos conforme aumentó la distancia. El rendimiento por corte, mostró la habilidad de rebrote y la persistencia de producción del cultivo, sometido a las diferentes frecuencias de poda.

## ABSTRACT

**Biomass production of mulberry (*Morus alba*) in the Costa Rican Central Valley.** A mulberry bush plantation in a lower montane wet forest was divided into three plots with a distance of 60, 90 and 120 cm between rows and plants. Each plot was uniformly pruned at two heights: 30 and 60 cm above ground level. During a 336-day period, these subplots were pruned consecutively every 56th, 84th, and 112th day. The annual yield of dry material of the whole mulberry bush (stems and leaves) was highly influenced ( $P \leq 0.01$ ) by each of the factors studied. Planting distance had a negative effect on the yield of stems and leaves as the distance increased. Biomass production, influenced by the variable pruning height, had a differential effect on the whole plant and on the production of leaves ( $P \leq 0.01$ ), but not on the amount of stems ( $P > 0.05$ ). The cutting frequency had a marked influence ( $P \leq 0.01$ ) on the production of biomass in the whole plant and its parts. A linear effect ( $P = 0.01$ ) was observed on stem yield, as well as on the whole plant, as the cutting interval increased between the 56th and 112th days.



## INTRODUCCIÓN

La morera, originaria de las zonas templadas de Asia, se extendió en cultivo por todo el mundo (Benavides *et al*, 1994). En la zona tropical de Centro y Sur América se ha adaptado de manera excelente (Rodríguez *et al*, 1994). Es una especie arbórea o arbustiva perenne que se propaga fácilmente, de crecimiento rápido y responde a la poda periódica con rebrotes vigorosos. Desarrolla un sistema radicular vertical fuerte y profuso horizontal (Paolieri, 1970). Estas características mejoran las condiciones físicas del suelo y permiten una mayor conservación del agua. En cultivo para la producción de forraje, la morera ha mostrado excelentes características organolépticas y un alto consumo por el ganado (Benavides *et al*, 1994; Ortiz, 1992; Castro, 1989). El contenido proteico de la planta entera varía de 14 a 22% de proteína cruda en base seca (Piccio-

ni, 1970) y la digestibilidad *in vitro* va de 70 a 80% (Ortiz, 1992).

En el medio tropical, donde las condiciones ambientales favorecen el crecimiento vegetal abundante, se han puesto en práctica diversas densidades de establecimiento y formas de manejo de la poda que inducen a grandes diferencias en los rendimientos. En Guatemala, Blanco (1992) ha obtenido 19 toneladas de materia seca en cuatro cortes cada nueve semanas, con distancias de siembra de 30 cm entre plantas, realizados a 75 cm de altura de poda. En Costa Rica, Benavides *et al*. (1994) empleó densidades de siembra de 22.727 plantas por hectárea, con rendimientos de 21 a 28 t/ha/año de materia seca. Rodríguez *et al*. (1994) trabajaron en Guatemala con distancias de siembra de 60 y 80 cm entre plantas y con frecuencias de poda de seis, nueve y doce semanas, reportando rendimientos de 1 a

<sup>1</sup> Trabajo financiado por la Vicerrectoría de Investigación. Proyecto 737-93-311. Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo VoHo Mata, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

<sup>3</sup> Programa Ganado Caprino, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). San José, Costa Rica.

4,6 t/ha/corte de materia seca, a una altura de corte de 30 cm sobre el nivel del suelo. Los resultados de estos experimentos muestran una tendencia a que el rendimiento de la morera mejora al aumentar el intervalo de corte. La altura parece no tener un efecto importante sobre la producción (Benavides *et al.*, 1986). Se carece de una tipificación de la producción vegetal a diferentes distancias de siembra o densidades de plantas por hectárea; sin embargo, se observa un empleo masivo de plantas por unidad de área. Los japoneses emplean dos densidades; 10.000 plantas en el método tradicional y 20.000 plantas por hectárea en el sistema intensivo (IFA, 1992).

A pesar de que la información producida sobre morera, en condiciones tropicales, muestra rendimientos altos de materia seca, se hace necesario articular la respuesta que tiene la morera a través de ciclos anuales de producción, con diferentes prácticas de establecimiento y manejo de defoliación. Este experimento se llevó a cabo con el propósito de conocer los efectos de las distancias de siembra, las alturas de poda y las frecuencias de defoliación de la planta sobre el comportamiento de la producción de biomasa, a través de un ciclo anual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero "Alfredo Volio Mata" de la Universidad de Costa Rica. La Estación está ubicada a 1542 msnm con una precipitación anual media de 2050 mm, distribuida durante los meses de mayo a noviembre. El restante período es seco. La temperatura media es de 19,5 °C. La humedad relativa media es de 84%. El suelo es de origen volcánico, clasificado como Typic Distrandepts (Vásquez, 1982). Se caracteriza por una profundidad media, con buen drenaje natural, una fertilidad media (7,7 de calcio, 3,0 de magnesio y 1,54 cmol/l de potasio, 10,0 de fósforo, 28,8 de cobre, 234 de hierro, 6,3 de manganeso y 2,6 mg/l de zinc. Un pH de 5,9. Ecológicamente, la zona se tipifica como bosque húmedo montano bajo (Tosi, 1970, citado por Vásquez, 1982).

Una plantación de 5000 m<sup>2</sup> se estableció en mayo de 1993, con estacas jóvenes de uno a dos cm de diámetro, 40 cm de largo y con al menos tres yemas. El terreno fue arado y rastreado en los dos meses previos. Las estacas fueron sembradas entre cinco y ocho cm de profundidad en tres lotes, cada uno con un distanciamiento entre plantas de 60, 90 y 120 cm entre hileras y plantas, equivalente a densidades de siembra de 27.777, 12.345 y 6.944 plantas/ha respectivamente. Los lotes se fertilizaron con la fórmula 10-30-10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) al

momento de la siembra, utilizando una dosis equivalente a 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha/año. El cultivo se desarrolló durante un año, período en el cual se hizo el control de malas hierbas y se fertilizó con nitrato de amonio en julio y octubre, en porciones iguales, hasta completar la dosis de 150 kg de N/ha/año. En mayo del año siguiente, los tres lotes recibieron una poda de uniformización, realizada con tijera, una mitad de cada lote a 30 y la otra mitad a 60 cm de altura sobre el nivel del suelo. A partir de la fecha de uniformización, se programaron seis cortes consecutivos cada 56, cuatro cada 84 y tres cada 112 días, durante 336 días experimentales.

Después de cada corte, se cortó la hierba existente, dejándolo el material sobrante entre las hileras. Cuando el rebrote de la morera alcanzó de tres a cinco cm de largo (aprox. dos semanas post corte), se fertilizó con nitrato de amonio, en la fracción correspondiente, a una dosis de 300 kg N/ha/año (Rodríguez *et al.*, 1994).

Se empleó un modelo de parcelas divididas, con observaciones desigualmente repetidas en el tiempo. La parcela grande correspondió a la distancia entre plantas, la subparcela a la altura de corte y la subparcela de ésta a la frecuencia de corte, con la siguiente estructura estadística:

$$Y_{ijkl} = U + D_i + A_j + F_k + CF_{l(k)} + DA_{ij} + DF_{ik} + AF_{jk} + CDF_{l(ik)} + DAF_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde:

- $Y_{ijkl}$  = Producción de biomasa en la i-ésima distancia de siembra, j-ésima altura de poda, k-ésima frecuencia de corte y l-ésimo número de poda.
- $U$  = Media poblacional.
- $D_i$  = Efecto de la distancia de siembra (60, 90, 120 cm).
- $A_j$  = Efecto de altura de poda (30 y 60 cm).
- $F_k$  = Efecto de la frecuencia de corte (56, 84, 112 días).
- $CF_{l(k)}$  = Efecto del número de poda dentro de cada frecuencia de corte.
- $DA_{ij}$  = Interacción de la distancia de siembra por altura de poda.
- $DF_{ik}$  = Interacción de la distancia de siembra por frecuencia de corte.
- $AF_{jk}$  = Interacción de la altura de poda por frecuencia de corte.
- $CDF_{l(ik)}$  = Efecto del número de cortes dentro de distancia de siembra por frecuencia de corte.
- $DAF_{ijk}$  = Interacción de la distancia de siembra por altura de poda por frecuencia de corte.
- $E_{ijkl}$  = Error experimental.

Los rendimientos de biomasa muestreados se analizaron con el PROC GLM del paquete estadístico SAS (1985).

En el campo, se pesó la producción de biomasa fresca y se separaron hojas y tallos para su cuantificación y análisis. Las muestras de hojas y tallos fueron secados en un horno a 60 °C durante 48 horas, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se molieron y se determinó el contenido de materia seca en una estufa a 105°C.

## RESULTADOS

El rendimiento anual de materia seca de la planta entera de morera, sus tallos y hojas, obtenido de los cortes secuenciales efectuados a través del experimento, para cada una de las distancias de siembra, alturas de corte y frecuencias de defoliación se presentan en el Cuadro 1. El efecto independiente de cada uno de los factores resultó altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) sobre la producción de biomasa.

Las distancias de siembra incidieron fuertemente en la producción de las plantas, mostrando una tendencia no lineal a decrecer el rendimiento conforme aumenta la distancia. A 90 cm entre plantas, la producción de materia seca decreció 10,2 t/ha/año (37%)

respecto a la distancia entre plantas de 60 cm y en la densidad de 120 cm disminuyó 2,2 t/ha/año (13%) respecto a la siembra a 90 cm. El comportamiento de la producción de hojas y de tallos fue similar al de la planta entera, siendo superior el rendimiento de hojas en todas las distancias de siembra, respecto a la producción de tallo. La proporción de hoja-tallo aún cuando mostró diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre las distancias estudiadas, fue similar en las distancias de 60 y 90 cm.

La producción de biomasa en la variable altura de corte mostró una respuesta diferencial en la planta entera y en la producción de hojas ( $P \geq 0,01$ ), no así en la cantidad de tallo ( $P > 0,05$ ). Esto indica que el mayor rendimiento de las plantas sembradas a 60 cm fue determinado por la producción de hojas y esta observación se confirma con los valores presentados ( $P \leq 0,01$ ) en el Cuadro 1 de la relación hoja:tallo.

La frecuencia de corte mostró una influencia marcada ( $P \leq 0,01$ ) sobre la producción de biomasa en la planta entera y sus partes. Tanto el rendimiento de tallo como la planta entera presentan una respuesta lineal ( $P \leq 0,01$ ) conforme aumenta el intervalo de corte entre 56 y 112 días. La producción de materia seca de hojas mostró un efecto cuadrático ( $P \leq 0,01$ ) a través de las frecuencias de corte, con un incremento entre los 56 y 84 días y una tendencia a estancarse a los 112 días. El

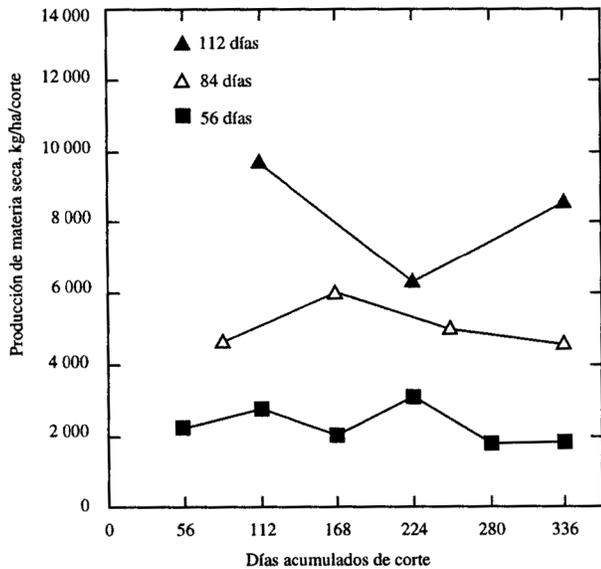
**Cuadro 1.** Producción anual de materia seca de morera, cosechada en diferentes distancias de siembra, alturas de corte y frecuencias de defoliación, en kg/ha. Cartago, Costa Rica. 1993.

Variable	Planta entera		Tallos		Hojas		Relación Hoja-Tallo	
	x	DS	x	DS	x	DS	x	DS
<b>Distancias de siembra (cm)</b>								
60	27 471,8	9 782,6	12 325,7	5 745,0	15 146,2	4 451,6	1,356	0,37
90	16 255,7	7 287,2	7 463,2	4 150,7	8 964,9	3 192,8	1,346	0,37
120	14 091,6	6 156,7	6 615,5	3 591,1	7 476,1	2 786,9	1,269	0,35
<b>Alturas de corte (cm)</b>								
30	18 434,9	9 680,0	8 661,9	5 499,6	9 773,0	4 430,2	1,264	0,36
60	20 111,2	9 910,2	8 941,0	4 934,7	11 315,2	5 169,5	1,383	0,36
<b>Frecuencias de corte (días)</b>								
56	14 024,1	6 977,7	5 474,1	2 744,9	8 670,5	4 259,1	1,613	0,30
84	21 702,7	8 602,5	9 945,4	3 942,5	11 757,4	4 786,4	1,191	0,17
112	26 531,1	10 403,9	13 930,9	5 693,3	12 600,3	4 827,8	0,926	0,12

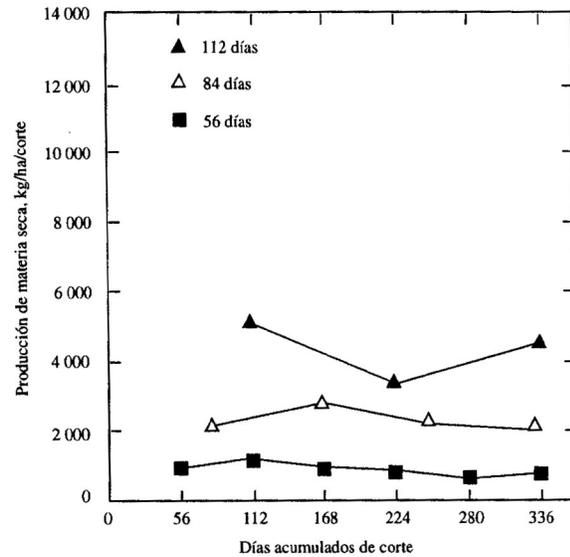
rendimiento de hoja fue superior al de tallo a los 56 y 84 días e inferior a los 112 días. La relación hoja-tallo presentó un efecto lineal ( $P \leq 0,01$ ) negativo marcado, conforme aumentó el intervalo de la poda. Antes de los 100 días de rebrote, la relación hoja-tallo fue superior a uno y posterior a esta edad, la acumulación de tallo en la planta es superior a la de hoja. En las Figuras 1, 3 y 5 se presentan la producción de materia seca por fre-

cuencia de corte de la planta entera, tallos y hojas. En las Figuras 2, 4 y 6 se muestra el comportamiento acumulado de la producción a través de las podas sucesivas durante el período experimental.

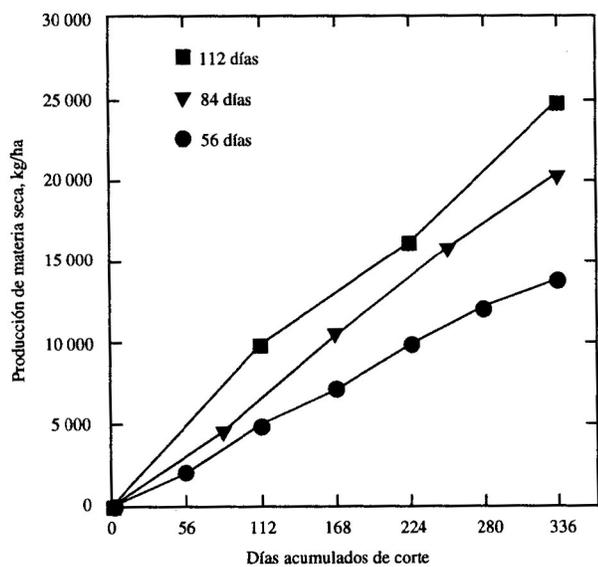
El rendimiento por corte, muestra la capacidad de rebrote y la persistencia de producción del cultivo, sometido a las diferentes frecuencias de poda. La producción



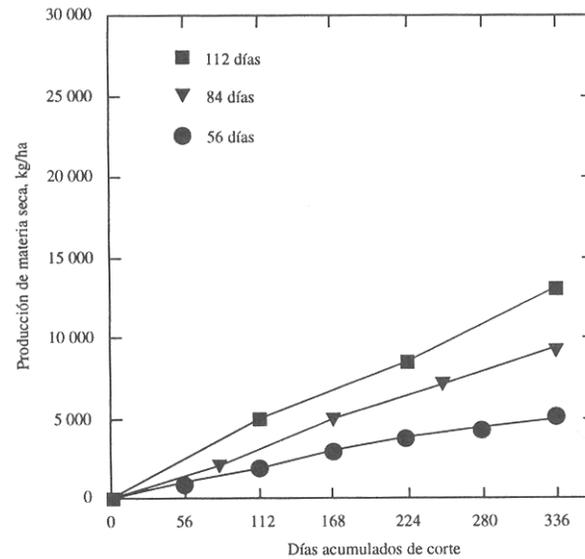
**Figura 1.** Producción de la planta entera de morera, defoliada en tres frecuencias de corte durante el año. Cartago, Costa Rica. 1993.



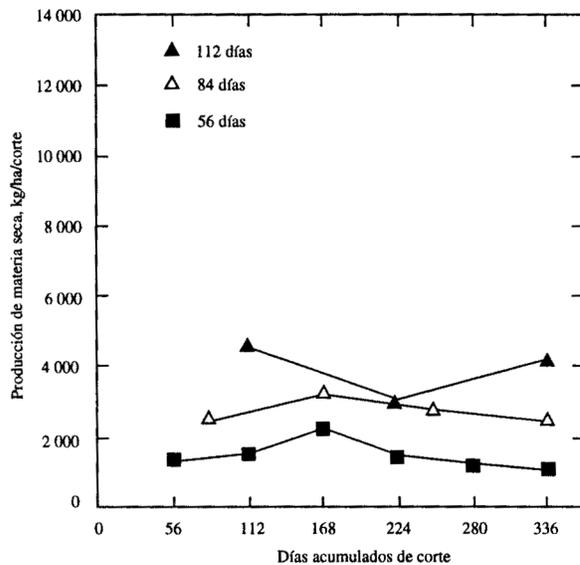
**Figura 3.** Producción del tallo de morera, defoliado en tres frecuencias de corte durante el año. Cartago, Costa Rica. 1993.



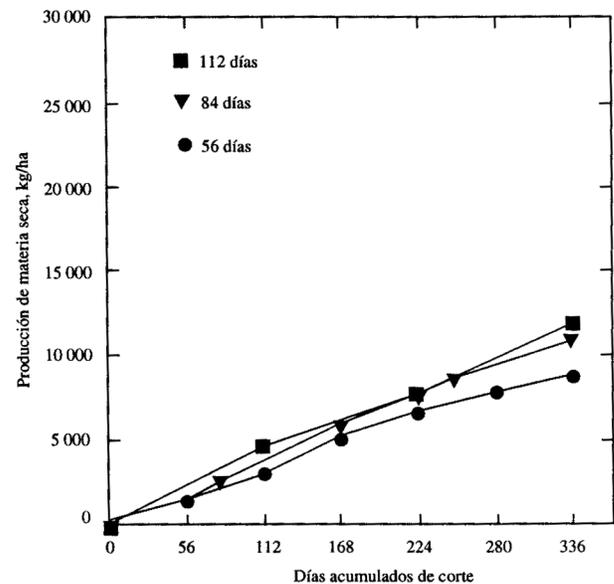
**Figura 2.** Producción acumulada de la planta entera de morera, defoliada en tres frecuencias de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.



**Figura 4.** Producción acumulada del tallo de morera, defoliada en tres frecuencias de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.



**Figura 5.** Producción de hoja de morera, defoliada en tres frecuencias de corte durante el año. Cartago, Costa Rica. 1993.



**Figura 6.** Producción acumulada de la hoja de morera, defoliada en tres frecuencias de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.

acumulada, a través de los cortes, muestra la vigorosidad de la planta a responder de manera constante a los cortes sucesivos en el mismo intervalo de recuperación. En las Figuras 4 y 6 se evidencia como la producción de tallo está mucho más influida y diferenciada por la frecuencia de poda que la producción de hoja. Esta es la causa del deterioro tan acelerado que se observa en los valores de relación hoja-tallo en el Cuadro 1.

La interacción de las variables distancia de siembra por altura de corte mostró un efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ) sobre la producción de la planta entera, y un efecto más marcado ( $P \leq 0,01$ ) sobre el rendimiento de la hoja. El tallo no mostró el mismo comportamiento ( $P > 0,05$ ) diferencial entre las distancias por alturas experimentadas. (Cuadro 2). Similar respuesta ( $P > 0,05$ ) se observó en la relación hoja-tallo.

La interacción de las variables distancia de siembra por frecuencia de corte no fue significativa ( $P > 0,05$ ) sobre el rendimiento de la planta entera, ni de la hoja. La producción de tallo presentó diferencias importantes ( $P \leq 0,01$ ) entre los niveles de distanciamiento entre plantas por los intervalos de poda. No así ( $P > 0,05$ ) la relación hoja: tallo (Cuadro 2), a pesar del rango amplio de variación observado en los promedios (0,91 a 1,68).

La interacción entre altura y la frecuencia de corte fue significativa ( $P \leq 0,01$ ) en la producción de la planta

entera, del tallo y de la hoja. Sin embargo, esa respuesta no se refleja ( $P > 0,05$ ) en la relación hoja: tallo, a pesar del rango tan amplio observado en esta variable, cuyos valores oscilan entre 0,96 y 1,68. El efecto de la altura por la frecuencia de poda se muestra en el Cuadro 2 y se observa como la producción de biomasa de la planta entera tiene una respuesta creciente en la altura de 30 cm y a través de todas las frecuencias de corte. Sin embargo, a 60 cm de altura la producción de materia seca muestra un incremento vertiginoso entre 56 y 84 días, para luego estancarse a los 112 días de intervalo entre cortes. Similar respuesta se observa en la producción de tallo y de hoja.

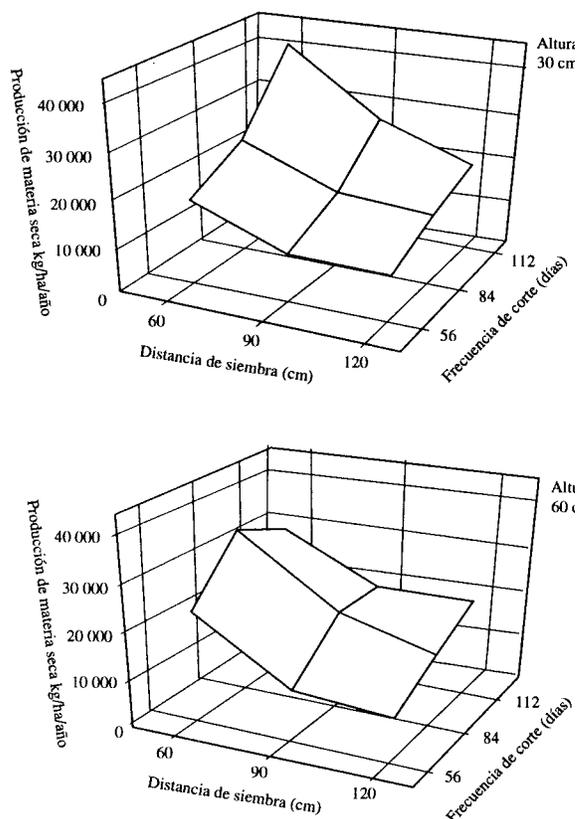
La producción anual de materia seca de morera, en la planta entera, tallos y hojas, sembrada a diferentes densidades de plantas por unidad de área y cosechada a distintas alturas y frecuencias de corte se presenta en el Cuadro 3. La interacción de estos tres factores resultó significativa ( $P \leq 0,01$ ) en las tres variables de producción de biomasa estudiadas. En la Figura 7 se presenta los gráficos, la producción de la planta entera sembrada a diferentes distancias y podada a distintas frecuencias para cada altura de corte. La sobreposición de ambos gráficos muestra los puntos de interacción. Ella es muy fuerte entre las alturas de corte a 30 y 60 cm en las distancias de siembra a 60 y 90 cm y las frecuencias de poda a 84 y 112 días. Parecida respuesta se manifiesta en la producción de tallo (Figura 8) y de

**Cuadro 2.** Producción anual de materia seca de morera, a diferentes distancias entre plantas por alturas de corte, distancias por frecuencias de corte y alturas por frecuencias de corte, en kg/ha. Cartago, Costa Rica, 1993.

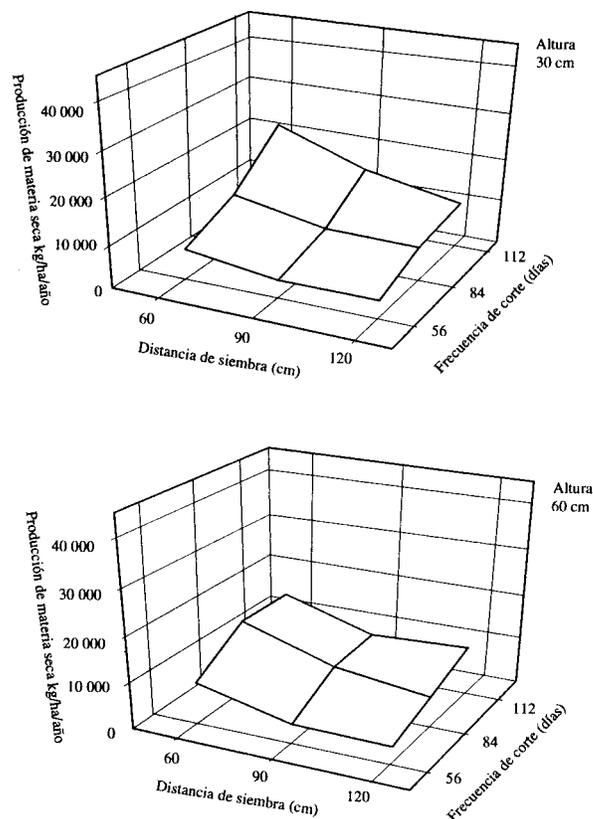
Variables		Planta entera		Tallos		Hojas		Relación Hoja:Tallo		
		x	DS	x	DS	x	DS	x	DS	
Distancias de siembra (cm)	Alturas de corte (cm)									
	60	30	25 532,9	11 216,4	11 758,1	6 808,4	13 774,7	4 636,2	1,31	0,33
	60	60	29 410,7	7 848,5	12 893,1	4 506,2	16 517,5	3 875,6	1,39	0,41
	90	30	15 927,6	7 505,8	7 580,1	4 676,0	8 347,5	2 897,0	1,29	0,43
	90	60	16 583,7	7 195,2	7 346,2	3 640,4	9 607,0	3 413,5	1,39	0,29
	120	30	13 844,1	5 060,0	6 647,3	3 087,1	7 196,7	2 211,7	1,18	0,30
120	60	14 339,0	7 182,8	6 583,6	4 095,9	7 755,3	3 284,9	1,35	0,37	
Distancias de siembra (cm)	Alturas de corte (cm)									
	60	56	21 363,7	6 451,7	8 115,1	2 825,1	13 248,6	3 758,3	1,68	0,26
	60	84	30 440,3	7 398,0	13 855,7	3 417,9	16 584,6	4 054,3	1,20	0,08
	60	112	35 729,8	10 649,7	18 706,6	5 822,3	17 023,2	5 022,0	0,91	0,09
	90	56	10 673,4	3 407,5	4 241,6	1 403,1	6 711,4	1 848,0	1,63	0,30
	90	84	18 991,2	4 714,4	8 583,7	2 158,6	10 407,4	2 833,2	1,22	0,19
	90	112	23 772,7	7 148,9	12 411,9	4,268,6	11 360,7	2 941,5	0,95	0,13
	120	56	10 035,2	3 540,2	4 065,5	1 541,1	5 969,6	2 120,5	1,52	0,30
	120	84	15 676,5	5 187,1	7 396,6	2 672,7	8 279,9	2 760,6	1,15	0,20
	120	112	20 091,1	5 833,1	10 674,0	3 470,2	9 417,0	2 493,1	0,91	0,14
	Distancias de siembra (cm)	Alturas de corte (cm)								
		30	56	12 817,3	4 854,1	5 061,2	1 898,3	7 756,1	3 077,0	1,54
30		84	19 034,9	6 091,3	8 931,5	2 773,2	10 103,4	3 384,2	1,13	0,11
30		112	28 869,9	11 961,2	15 503,6	6 484,6	13 366,2	5 609,7	0,86	0,10
60		56	15 230,9	8 497,6	5 887,0	3 365,9	9 610,9	5 079,8	1,68	0,26
60		84	24 370,5	9 963,2	10 959,2	4 682,5	13 411,2	5 445,5	1,24	0,19
60	112	24 192,5	8 258,0	12 358,1	4 409,6	11 834,3	3 908,3	0,98	0,11	

**Cuadro 3.** Producción anual de materia seca de morera, sembrada y cosechada a diferentes distancias entre plantas por alturas y por frecuencias de corte. Cartago, Costa Rica, 1993.

Variables			Planta entera		Tallo		Hoja		Relación Hoja: tallo	
Distancias de siembra (cm)	Alturas de corte (cm)	Frecuencia de corte (días)								
			X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
60	30	56	18 278,0	3 476,1	7 057,6	1 489,9	11 220,4	2 199,6	1,60	0,20
60	30	84	25 114,6	5 861,0	11 414,9	2 738,2	13 699,7	3 139,6	1,20	0,05
60	30	112	40 600,3	12 463,2	21 616,6	6 822,4	18 983,6	5 899,3	0,88	0,11
60	60	56	24 449,4	7 360,4	9 172,6	3 468,2	15 276,8	3 964,9	1,75	0,30
60	60	84	35 766,0	4 254,3	16 296,4	1 979,6	19 469,5	2 518,4	1,19	0,10
60	60	112	30 859,3	6 103,5	15 796,6	2 776,6	15 062,7	3 385,1	0,94	0,07
90	30	56	10 154,0	1 964,5	3 963,3	1 096,2	6 190,6	1 107,3	1,63	0,39
90	30	84	16 451,4	2 447,3	7 831,4	1 438,1	8 619,9	1 137,7	1,11	0,12
90	30	112	26 776,4	6 567,5	14 478,4	3 897,1	12 297,9	2 728,2	0,85	0,07
90	60	56	11 192,9	4 453,1	4 519,9	1 657,0	7 279,5	2 341,9	1,64	0,17
90	60	84	21 531,1	5 185,8	9 336,0	2 573,5	12 195,0	2 933,1	1,32	0,19
90	60	112	20 768,9	6 902,9	10 345,5	3 827,7	10 423,4	3 079,6	1,04	0,11
120	30	56	10 019,9	3 197,6	4 162,6	1 225,2	5 857,2	2 088,8	1,40	0,27
120	30	84	15 538,8	4 211,1	7 548,1	2 225,1	7 990,7	2 020,6	1,08	0,13
120	30	112	19 233,1	2 481,0	10 415,9	2 017,9	8 817,2	824,1	0,86	0,13
120	60	56	10 050,5	3 997,4	3 968,4	1 855,8	6 082,0	2 238,6	1,63	0,29
120	60	84	15 814,2	6 315,0	7 245,1	3 188,9	8 569,1	3 472,2	1,22	0,25
120	60	112	20 949,1	8 181,3	10 932,2	4 718,3	10 016,9	3 483,1	0,96	0,15



**Figura 7.** Producción de la planta entera de morera en diferentes distancias de siembra, frecuencia y alturas de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.



**Figura 8.** Producción del tallo de morera en diferentes distancias de siembra, frecuencia y alturas de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.

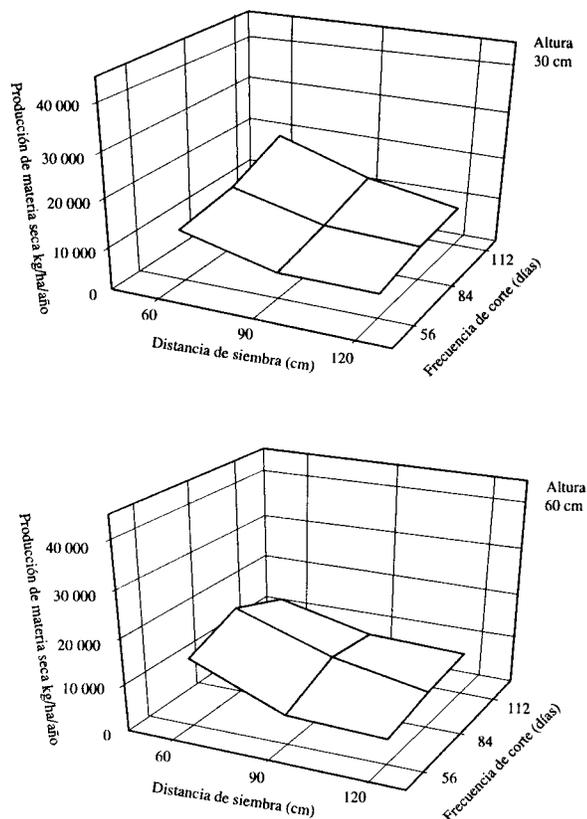
hoja (Figura 9). En la relación hoja-tallo no se encontró un efecto de interacción importante ( $P > 0,05$ ) como se observa en la Figura 10.

## DISCUSIÓN

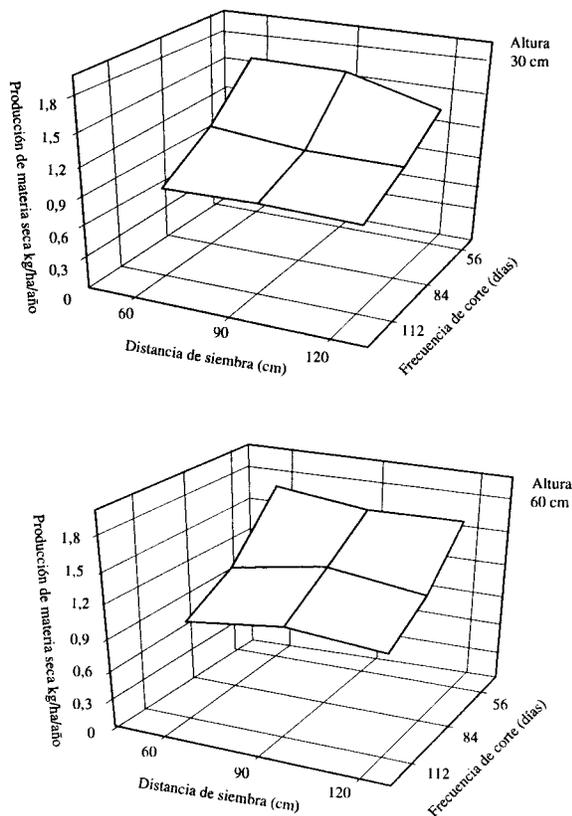
Las plantaciones de morera destinadas a la producción de forraje para rumiantes sólo habían sido evaluadas en condiciones de trópico húmedo, particularmente en Costa Rica (Benavides *et al.*, 1994) y en condiciones de trópico seco, en Guatemala (Rodríguez *et al.*, 1994). Los resultados del presente experimento se produjeron en un ambiente tropical de altura, a 1542 msnm., con excelente luminosidad, prevaleciente durante todo el año. No se cuenta con una referencia de investigación anterior en condiciones ambientales similares. El rendimiento anual de materia seca de morera, sembrada en diferentes distancias y cosechada a diferentes alturas poda y frecuencias de defoliación (Cuadro 1), muestran diferencias muy grandes, para ser con-

sideradas con atención durante el establecimiento y manejo de las plantaciones de morera. La distancia de siembra influyó un 39,48% en la variación total del experimento, la altura de corte únicamente un 0,80 % y la frecuencia de poda un 30,64%. En términos reales, el efecto de la altura de poda sobre el rendimiento anual de la morera es de poca importancia entre los límites examinados. Sin embargo, la distancia de siembra y la frecuencia de corte fueron responsables conjuntamente en un 70% de la variación total.

La distancia de siembra determina la población de plantas por unidad de área. La producción anual de biomasa por hectárea a 60 cm entre plantas (alta densidad) fue el doble de la producción respecto a la siembra a distancia de 120 cm entre plantas (baja densidad). La relación de densidad fue de 4:1 y el rendimiento por planta fue de 0,99 contra 2,03 kg/año. La producción por planta en el cultivo sembrado a 90 cm entre plantas fue de 1,31 kg/año. Estos resultados indican que



**Figura 9.** Producción de hoja de morera sembrada a diferentes distancias de siembra y cosechada a diferentes frecuencias y alturas de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.



**Figura 10.** Relación hoja: tallo de la morera sembrada en diferentes distancias de siembra y cosechada a diferentes frecuencias y alturas de corte. Cartago, Costa Rica. 1993.

conforme aumenta la densidad de siembra, la productividad por planta disminuye sensiblemente y de manera no lineal. En China, la densidad de siembra tradicional es de 10.000 plantas por hectárea (IFA, 1992, Ting-Zing *et al.*, 1988) y el cultivo intensivo es de 25.000 plantas/ha. Lin *et al.* (1994) estudiando el efecto de espaciamiento entre plantas (1,5 x 0,6; 1,8 x 0,60; 1,5 x 0,75; 2,25 x 0,60; 1,80 x 0,75 y 1,8 x 0,9 m) sobre la producción de hojas de morera, encontraron un efecto similar al observado en una plantación cosechada cuatro veces durante un año. El reporte indica que al aumentar el espaciamiento, la planta aumenta el número de nuevos rebrotes y la producción de hojas, sin embargo la producción por hectárea fue más alta en el tratamiento plantado más densamente. Se observa en términos generales que el mayor espaciamiento entre plantas disminuye la competencia por luz (González, 1951) y que las plantaciones con alta densidad responden a la competencia. En condiciones de alta densidad de siembra se desconoce el efecto a largo plazo, sobre el sistema radical y la respuesta foliar.

La altura de poda mostró un pequeño resultado sobre la producción; al incrementarse la producción de biomasa en 1,7 t/ha/año de materia seca, al pasar de la altura de corte de 30 a 60 cm sobre el nivel del suelo. Ambas alturas de corte son catalogadas de porte bajo en el cultivo tradicional asiático (Ting-Zing, *et al.* 1988). El incremento en la producción de biomasa total observado se debió al aumento de la masa foliar y no a la producción de tallo (Cuadro 1). En Turrialba, se han estimado rendimientos de 2,32 kg de materia seca total por planta/año con podas a 50 cm y una disminución a 2,12 kg con podas a 100 cm de altura en plantaciones espaciadas (Benavides *et al.*, 1986). Algunos trabajos mencionan el manejo de la altura de poda en asocio con la densidad de siembra y recomiendan la poda baja (<70 cm) para plantaciones CO con densidades de 30.000 plantas/ha, poda de altura media (70-170 cm) con densidades de 12.000 plantas/ha y poda alta (> 170 cm) con densidades menores a 6000 plantas/ha (Ting-Zing, *et al.* 1988). La mayor producción de hojas a la altura de 60 cm, sugiere estudiar el rendimiento de hojas y tallos a diferentes alturas

de corte, bajo condiciones de alta competencia lumínica en plantaciones densamente sembradas.

La frecuencia de defoliación tuvo un marcado efecto sobre el rendimiento de biomasa de la planta entera y de sus partes, la producción de hojas y tallos. A mayor intervalo de corte se observaron rendimientos mayores (Cuadro 1) y esto está relacionado con la tasa de crecimiento de la planta, el período de rezago y la reserva de nutrientes al momento de la cosecha. En el presente experimento, los rendimientos de biomasa obtenidos fueron producto de seis podas consecutivas cada 56 días, cuatro podas cada 84 días y tres podas cada 112 días. De esta manera, cada frecuencia de corte tuvo el efecto residual del estrés ocasionado por la poda anterior, tal y como sería empleado en una explotación comercial, durante un ciclo anual completo. Los resultados muestran claramente que la producción anual es menor a intervalos de poda cortos y es mayor a intervalos de poda largos. Similar respuesta encontró Rodríguez *et al* (1994) al estudiar las frecuencias de corte cada 6,9 y 12 semanas en dos períodos distintos del año en Guatemala. En el segundo año de prueba el rendimiento fue el triple y la tendencia de producción con respecto a los intervalos de poda se mantuvo. Al estudiarse el crecimiento de la planta en el período posterior a la poda, se observó que las yemas remanentes en el tronco no responden inmediatamente al rebrote. Este período de rezago toma de 4 a 10 días hasta aparecer el primer par foliar diferenciado a simple vista, en un brote de un centímetro de largo. Posteriormente, continúa el rebrote de dos a tres yemas en cada una de las ramas unidas al tronco. La densidad el rebrote parece ser proporcional al número de cortes. El número de rebrotes es alto a intervalos de poda cortos (alta frecuencia de corte) y bajo a intervalos de poda largos (baja intensidad de corte).

Estas observaciones indican que la estructura y morfología de la planta cambia dependiendo de la frecuencia de corte, lo cual se refleja fuertemente en la proporción de hojas y tallos presentada en el Cuadro 1. Después de cada poda, se produjo un brote de savia en cada rama cortada. Se observó que la intensidad varió en cada período de cosecha. Los resultados del presente experimento evidencian que el estrés de la planta (Taiz *et al*, 1991), producido por la frecuencia de poda, determina en el plazo inmediato un resultado negativo sobre la producción anual de biomasa en la morera.

En los países asiáticos, se cosecha tradicionalmente sólo la hoja, cada 2 - 3 meses, y se efectúa una poda anual. En los sistemas más intensivos se combina la cosecha de hojas frecuentemente, con una poda alta en la primavera y una cosecha de hojas y tallos en poda baja, durante el invierno (Ting-Zing, *et al.* 1988).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La producción anual de biomasa se incrementó en las parcelas de morera densamente pobladas. Este aumento se produjo con una disminución en el rendimiento individual de las plantas, lo que indica, la competencia que cada planta ejerce por un espacio físico basal para el desarrollo y nutrimento radical, otro aéreo para el intercambio gaseoso y captación de la energía lumínica para la fotosíntesis.

La altura de corte presentó alguna influencia sobre el rendimiento de biomasa. Esta información podría ser de mayor consideración tecnológica cuando el cultivo y cosecha de la morera se realice de manera mecanizada.

El rendimiento de biomasa, tallos y hojas, aumentó a medida que el intervalo de poda aumentó. Con altas frecuencias de poda (cortos intervalos entre corte) se obtuvo forraje con una alta proporción de hojas. Al disminuirse la frecuencia de poda (largos intervalos entre cortes) se desmejoró la relación hoja: tallo, hasta alcanzar un valor de uno (igual producción de hojas y tallos) alrededor de los 100 días. Después de este período, la plantación se torna en una formadora de material leñoso, perdiendo su valor forrajero para la alimentación de rumiantes en forma acelerada.

En este experimento se encontró que la mayor producción de biomasa se obtuvo en la distancia de siembra de 60 cm y la frecuencia de corte a 112 días (35 ton), sin embargo se recomienda la misma distancia de siembra con un intervalo de poda cada 84 días, con solo una disminución de 0,5 t/ha/año de hoja y 5 t/ha/año de tallo. Tomando en cuenta la altura de corte, ese rendimiento de 35 t/ha/año se sostuvo cuando la poda se efectuó a 60 cm de altura, con una relación hoja-tallo de 1,19. Con una altura de poda a 30 cm, 112 días de crecimiento y 60 cm entre plantas, la producción alcanzó 40 t/ha/año, con una relación hoja-tallo de 0,88. Los materiales con una mejor proporción de hoja, producen un ahorro de mano de obra y de transporte por cada unidad de alimento cosechado, además de que los animales podrán expresar un mayor consumo del forraje ofrecido.

## LITERATURA CITADA

- BENAVIDES, I.; BOREL, R.; ESNAOLA, M.A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de Morera (*Morus* sp) sometido a diferentes frecuencias y altura 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 Técnico. Informe Técnico N° 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). Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico N°236. Volumen 11. pp. 495-514.
- 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.
- CASTRO, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), suplementales con diferentes niveles de follaje de Poró (*E. poeppigrama*) y de fruto de plátamo (*Musa* sp. varo Pelipita). Tesis M.Sc. Turrialba, C.R. UCR/CATIE. 58 p.
- GONZÁLEZ, E 1951. El gusano de seda y la morera. 4a edición. Madrid, España. Publicación del Ministerio de Agricultura. 272 p.
- IFA. INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. 1992. IFA World Fertilizer Use Manual. Mulberry Chart. BASE Aktiengesells Chaft. Agricultural Research Station. Germany. pp. 595-601.
- LIN, J.T.; YU, S.I.; HSIEH, EK. 1994. Effects of plant spacing on the yield and chemical compositions of mulberry leaves. Journal of the Agricultural Association of China. 167:43-49.
- ORTIZ, G. 1992. Efecto de la alimentación con pasto King Grass. (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), suplementado con diferentes niveles de follaje de Morera (*Morus alba*) y de banano verde (*Musa* sp.) sobre la producción de leche de cabra. Tesis Lic. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 45 p.
- PAOLIERI, L. 1970. Competicao de variedades de Amoreiras. Boletín Técnico de Sericultura N° 57. Secretaría de Agricultura. Coordinadora de Pesquisa Agropecuaria. Instituto de Zootecnia. Secao de Sericultura. p. 3-16.
- PICCIONI, M. 1970, Diccionario de Alimentación Animal. Editorial Acribia. Zaragoza. pp. 492-494.
- 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 N°236. Volumen 11. pp. 515-528.
- SAS. 1985. Statistical Analysis System. SAS User's Guide: Statistics (Version 5 Ed.) SAS Institute Inc. Cary, NC.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1991. Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California, USA.
- TING-ZING, Z.; YUN-FAN, T.; GUANG-XIEN, H.; HUAIZHONG, E; 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.