

Efecto del abono orgánico líquido mineralizado en la producción de biomasa de morera (*Morus alba*)*

Effect of organic fertilizer mineralized liquid in the biomass production of morera (*Morus alba*)

Efeito do adubo orgânico líquido mineralizado na produção de biomassa de morera (*Morus alba*)

CAMAYO-VARGAS, MARLON¹; MONTES-ROJAS, CONSUELO²; ANAYA-FLOREZ, MARÍA- DEL SOCORRO ³

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 7 de junio 2019

Aceptado para publicación: 3 de junio 2020

* Proyecto de investigación de origen: "Evaluación de la eficacia del abono orgánico líquido mineralizado (A.L.O.F.A) en plantas de café (*Coffea arabica* L.)". Financiación: SENA – Universidad del Cauca. Finalización: diciembre 2018

1 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural (Tull). Ingeniero Agropecuario. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-9714>

2 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural (Tull). MSc. Profesora de planta. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-8117-9465>

3 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Licenciada en Biología. Popayán. Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9208-2845>

Correspondencia: cmontes@unicauca.edu.co

Cómo citar este artículo : CAMAYO-VARGAS, MARLON; MONTES-ROJAS, CONSUELO; ANAYA-FLOREZ, MARÍA-DEL SOCORRO, Efecto del abono orgánico líquido mineralizado en la producción de biomasa de morera (*Morus alba*). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, v. 19, n. 1, 2021, p. 230-243; Doi: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)230-243](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)230-243)

RESUMEN

La investigación se realizó en las fincas La Sultana y El Madroño de los municipios de Timbio y El Tambo respectivamente, con el fin de evaluar el efecto del abono orgánico líquido mineralizado en el cultivo de morera con el propósito de analizar costos de producción, mejorar el rendimiento y hacer una agricultura amigable con el ambiente. En La Sultana la evaluación se realizó en el primer corte y en El Madroño en el tercer corte. En las dos fincas se usó un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. La morera, en las dos fincas, se fertilizó cinco veces de acuerdo al tratamiento con aplicaciones alternas edáfica/foliar cada quince días; se evaluó altura de planta, biomasa, peso de hojas, peso de tallos, relación peso hojas/peso tallos, rendimiento de hojas y calidad nutricional de las hojas, se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de promedios de Duncan ($P=0,005$): en La Sultana no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, el mejor tratamiento fue la aplicación de A.L.O.F.A. al 5%, mientras que en El Madroño los tratamientos sí presentaron diferencia estadísticamente significativa en las variables evaluadas y el mejor tratamiento fue la inoculación con IM y A.L.O.F.A. al 5%.

ABSTRACT

The research was carried out in La Sultana and El Madroño of the municipalities of Timbio and El Tambo respectively, in order to evaluate the effect of mineralized liquid organic fertilizer on mulberry cultivation in order to analyze production costs, improve yield and make an environment friendly agriculture. In La Sultana the evaluation was carried out in the first cut and in El Madroño in the third cut. A randomized complete block design with seven treatments and three repetitions was used on both farms. The mulberry, in the two farms, was fertilized five times according to the treatment with alternate edaphic / foliar applications every fifteen days; plant height, biomass, leaf weight, weight of stems, weight ratio of leaves / weight stems, leaf yield and nutritional quality of the leaves were evaluated, variance analysis and Duncan averages comparison test ($P=0,005$): in La Sultana there was no statistically significant difference between treatments, the best treatment was the application of ALOFA 5%, while in El Madroño the treatments did show statistically significant difference in the evaluated variables and the best treatment was inoculation with MI and A.L.O.F.A. at 5%.

RESUMO

A pesquisa foi realizada em La Sultana e El Madroño, dos municípios de Timbio e El Tambo, respectivamente, a fim de avaliar o efeito do fertilizante orgânico líquido mineralizado no cultivo de amoreira, a fim de analisar os custos de produção, melhorar o rendimento e fazer uma agricultura ecológica. Em La Sultana, a avaliação foi realizada no primeiro corte e em El Madroño no terceiro corte. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com sete tratamentos e três repetições em ambas as propriedades. A amoreira, nas duas fazendas, foi adubada cinco vezes, de acordo com o tratamento, com aplicações edáficas / foliares alternadas a cada quinze dias; avaliaram-se altura da planta, biomassa, peso foliar, peso das hastes, relação peso / caule, rendimento foliar

PALABRAS CLAVE:

Biofertilizante; Sostenibilidad; Evaluación; Investigación; Medioambiente; Fertilización; *Morus alba*.

KEYWORDS:

Biofertilizer; Sustainability; Evaluation; Research; Environment; Fertilization; *Morus alba*.

PALAVRAS-CHAVE:

Biofertilizante; Sustentabilidade; Avaliação; Pesquisa; Meio Ambiente; Fertilização, *Morus alba*.

e qualidade nutricional das folhas, análise de variância e teste de comparação das médias de Duncan ($P=0,005$): em La Sultana não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, o melhor tratamento foi a aplicação de ALOFA 5%, enquanto em El Madroño os tratamentos mostraram diferença estatisticamente significativa nas variáveis avaliadas e o melhor tratamento foi a inoculação com MI e A.L.O.F.A. a 5%.

INTRODUCCIÓN

La sericultura es el conjunto de actividades culturales y económicas que se desarrollan en torno a la seda [1] que integra tres componentes, el agrícola con el cultivo de morera *Morus sp*, el pecuario con la cría del gusano de seda *Bombyx mori* y el agroindustrial con la transformación del hilo en la industria textil, cosmética y la medicinal [2].

La morera es un árbol forrajero de origen asiático, adaptado a las condiciones del trópico que pertenece a la familia Moráceas. Existen 24 especies agrupadas en el género *Morus*, de las cuales la especie *Morus alba* es la más extendida [3]. Es un arbusto cuyo follaje es usado principalmente para la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori*) con el fin de obtener una fibra muy demandada por la industria textil, la seda. [4], mencionan que a pesar de que hace bastante tiempo existen las fibras sintéticas, la seda natural sigue siendo una de las más apreciadas por su suavidad y textura, lo que hace que sea una fibra con demanda en el mercado. Además, la morera es usada en la alimentación de otras especies, pues según [5], la morera es una especie forrajera que presenta características de calidad nutritiva, producción de biomasa y versatilidad agronómica importantes, representando así un potencial para mejorar la calidad alimenticia de las dietas e incrementar la producción de los animales como bovinos, ovinos, caprinos, aves, etc.

La seda se obtiene de los capullos del gusano de seda, los cuales se alimentan únicamente de la hoja de morera (*Morus alba*), por ello, para tener producción de seda con suavidad y textura, la morera con que se alimente al gusano de seda debe ser de la mejor calidad tanto sanitaria como en su estado nutricional, porque la calidad nutricional de la morera tiene gran influencia en el desempeño del gusano de seda, en todas las etapas de su desarrollo y la producción de capullo, que es de donde finalmente se produce la fibra [5].

Para lograr que la morera sea de calidad se debe tener en cuenta principalmente la nutrición de la planta, porque de esta depende un buen rebrote, cantidad y calidad de biomasa producida y el estado sanitario.

El manejo nutricional de la planta es un problema para los productores [4], porque los mayores rendimientos de materia verde, materia seca y proteína cruda en kg/ha/año se obtienen con fertilización química, adicionalmente, se ha demostrado que la morera responde de forma eficiente cuando se aplican dosis de 300 kg de N/ha/año [5], por ello se realizan aplicaciones de grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, de síntesis química, para tener un buen rendimiento, pero esta actividad la realizan sin tener en cuenta el análisis de suelo, y en la mayoría de los casos no se obtienen los resultados esperados, pero si se aumentan los costos. Ya se conocen los efectos negativos que han causado los químicos en el deterioro del medio ambiente, un ejemplo de ello es notorio en los cambios de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados [6].

Por lo anterior, se están buscando otras alternativas para la fertilización de la morera, en esta investigación se evaluó el efecto del abono orgánico líquido mineralizado A.L.O.F.A. en la producción de biomasa en un cultivo de morera (*Morus alba*), lo cual permitió disminuir costos de producción, mejorar el rendimiento y hacer una agricultura amigable con el ambiente.

MÉTODO

La investigación se realizó en la finca "El madroño", vereda Santa Bárbara, corregimiento de Piagua, municipio de El Tambo, ubicada a 2°26'45''N y 76°46'24''W; altura promedio de 1.745 m.s.n.m., con temperatura promedio

de 18°C; temperatura máxima promedio de 32°C y mínima promedio de 5°C; humedad relativa del 80%, y en la finca La Sultana, vereda Urubamba II, municipio de Timbío, departamento del Cauca ubicada a 00°58'54" y 03°19'04" de latitud norte y los 75°47'36" y 77°57'55" de longitud oeste; altitud promedio de 1.790 m.s.n.m. con precipitación promedio anual de 2000 mm, temperatura promedio de 18°C y humedad relativa de 73% . La metodología utilizada para la evaluación fue desarrollada en el proceso de investigación.

Abono líquido orgánico fermentado aeróbicamente y mineralizado

El A.L.O.F.A., aporta los elementos esenciales para la nutrición de las plantas, siendo un suplemento eficiente, económico y amigable con el medio ambiente. A continuación se relacionan las materias primas para preparar 20 L del biofertilizante: 18 L de agua lluvia, 5 kg de hojas de plantas sanas, 100 g de compost, 100 g de sulfato de cobre, 100 g de sulfato de zinc, 100 g de sulfato de magnesio, 100 g de sulfato de manganeso, 100 g de sulfato de calcio, 100 g de sulfato de hierro, 100 g de sulfato de potasio, 100 g de ácido bórico, 1 kg de miel de purga, 2 L de lixiviados de lombriz ó 100 mL de ácidos húmicos y fúlvicos, 500 g de fosforita huila, 50 g de levadura seca; 30 g de vitaminas y 100 mL de ácido cítrico (jugo de limón).

Para la preparación, se picaron las plantas y se colocaron en un recipiente plástico de 50 L, se agregaron 10 L de agua. Aparte, se realizó la dilución de los minerales cada uno en forma independiente. El sulfato de cobre se diluyó en 1 L de agua y 5 mL de jugo de limón y se homogenizó la mezcla, para los demás sulfatos se siguió el mismo procedimiento. Una vez realizadas todas las diluciones, se fueron agregando a la mezcla inicial de plantas y agua, el sulfato de hierro se añadió al final. Posteriormente, se agregó el bórax ó ácido bórico el cual se diluyó en agua caliente, luego la miel de purga disuelta en 2 L de agua, las vitaminas diluidas en un litro de agua, los ácidos húmicos y fúlvicos o el lixiviado de lombriz, la cal fosforita y el lompricompuesto, finalmente se añadió la levadura diluida en un litro de agua caliente (40°C). Una vez añadidas todas las materias primas, se homogenizó la mezcla y se cubrió el recipiente con yute, dejando en fermentación aeróbica por 15 días, pasado este tiempo, se separó el material sólido del líquido, donde el material líquido corresponde al A.L.O.F.A.

Una vez el abono estuvo estable o maduro listo, se tomó una muestra de un litro, para enviar al laboratorio, con el fin de realizar el análisis de caracterización y composición del A.L.O.F.A.

Toma de muestra para análisis de suelo

Antes de establecer la morera en el sitio definitivo, se realizó análisis de suelo y con esos resultados se determinó el plan de manejo nutricional. En la finca El Madroño y en La Sultana, se tomó una muestra del suelo de la rizósfera de 1 kg, para ello se tomaron 20 submuestras/ha en zigzag, en cada sitio se retiró la capa vegetal y luego se realizó un hueco en forma de "V" hasta 20 cm de profundidad, posteriormente se cortó una tajada de 3 cm de espesor en una de las paredes y de ésta se tomó la parte central, una vez se obtuvieron la totalidad de submuestras, estas se homogenizaron en un balde y de allí se obtuvo la muestra final la cual se envió al laboratorio debidamente rotulada.

Siembra de la morera

El material de siembra fue distinto en cada finca: en La Sultana se usaron esquejes previamente enraizadas de 40 cm de longitud, la siembra se realizó en huecos de 20 cm de lado y 30 cm de profundidad donde se depositaron y mezclaron 500 g de materia orgánica, en este hueco se colocó el esqueje enraizado a una profundidad de 20 cm y se presionó para evitar cámaras de aire, quedando visible únicamente de 15 a 20 cm del esqueje y de 5 a 8 yemas.

En El Madroño, la morera ya estaba establecida, la siembra se había realizado directamente en el lote, después de arado y rastrillado, se aplicaron 500 g de materia orgánica por sitio de siembra, mezclando con el suelo, se colocó el esqueje a una profundidad de 15 cm y luego se presionó alrededor del esqueje para que no quedaran cámaras de aire, quedando visible únicamente de 3 a 5 cm del esqueje y solo una yema.

Diseño Experimental

En las dos fincas se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones, La parcela útil estuvo constituida por 15 plantas, cada parcela tuvo 6 m de largo por 4,5 m de ancho.

En La Sultana, con el fin de homogenizar y fortalecer todas las plantas se realizó una fertilización foliar con la mezcla 550 ml de ALOFA + 55 ml de BP-150 llevando a un volumen final de 15 L, porque el lote venía de rastrojo. Los tratamientos se describen a continuación:

Tratamiento 0. Testigo, manejo convencional. Aplicación foliar del fertilizante CRECER 500 al 1% cada 15 días. Crecer 500 contiene 42% de N total, 0,4% de N amoniacal, 41,6% de N ureico, 3% de P₂O₅, 3% de K₂O, 0,1% de CaO, 0,1% de MgO, 0,02% de S total, 0,02% de B, 0,002% de Co, 0,02% de Cu, 0,02 de Fe, 0,01% de Mn, y 0,005 % de Zn.

Tratamiento 1. Aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de A.L.O.F.A. en una concentración de 2,5%.

Tratamiento 2. Inoculación con la mezcla de 4 kg de inoculante micorrizico (IM) más 1,5L de coadyuvante, diluidos en 1.000 L de agua al suelo y aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de A.L.O.F.A. en una concentración de 2,5%. El IM contiene 252000 esporas/lb de la mezcla de *Entrophospora colombiana*, *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* y *Glomus clarum* todas en igual proporción.

Tratamiento 3. Aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de A.L.O.F.A. en una concentración de 5%.

Tratamiento 4. Inoculación con la mezcla de 4 kg de IM, más 1,5 L de coadyuvante diluidos en 1.000 L de agua al suelo y aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de ALOFA en una concentración de 5%.

Tratamiento 5. Aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de BP-150 en una concentración de 1,5%. El BP 150 contiene 45,05 g/L de Nitrógeno total (N), 34,00 g/L de P₂O₅ y 3,7 g/L de carbono orgánico oxidable.

Tratamiento 6. Inoculación con la mezcla de 4 kg de IM más 1,5 L de coadyuvante diluidos en 1.000 L de agua al suelo y aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de BP - 150 en una concentración de 1,5%.

La aplicación de los tratamientos realizados en se describen en el cuadro 1.

Para las aplicaciones edáficas de ALOFA se utilizaron 50 mL/planta; las aplicaciones foliares se realizaron con una aspersora hidráulica utilizando la boquilla TXVK 3 con una descarga de 190 mL/min, de baja descarga.

El corte y evaluación en La Sultana, se realizó a los 150 DDS y en el Madroño a los 90 días DDC, suspendiendo las aplicaciones 15 días antes para evitar que el follaje de la morera tuviera residuos de los fertilizantes que pudiera afectar el consumo y desarrollo del gusano de seda.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

(DDC)*	Actividad realizada	Tipo de aplicación
7	Inoculación con HFM- ERGYFIT a T2,T4 yT6	Edáfica
15	Primera aplicación de los tratamientos	Edáfica
30	Segunda aplicación de los tratamientos	Foliar
45	Tercera aplicación de los tratamientos	Edáfica
60	Cuarta aplicación de los tratamientos	Foliar
75	Quinta aplicación de los tratamientos	Edáfica
90	Corte y evaluación de variables	NA**
*Días después del corte ** No aplica		

Prácticas culturales. Además de la fertilización, se realizó control de arvenses y control de plagas como labores culturales en todas las parcelas en las dos fincas.

En La sultana se realizó control de arvenses a los 15, 30, 60 y 120 DDS, se limpió completamente el plato de cada planta y se cortaron los arvenses de las calles para que quedaran con 5 a 10 cm de altura para tener cobertura vegetal y reducir al máximo la erosión. Se realizó control de chiza (*Phyllophaga spp.*) mediante aplicación edáfica de caldo de helecho (*Pteridium aquilinum*) mezclado con caldo de ceniza, y ocho días después se aplicaron edáficamente los siguientes microorganismos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Trichoderma atroviride* y la bacteria *Bacillus thuringiensis*. La presencia de la plaga se atribuye al alto contenido de material orgánico en descomposición presente en el suelo.

En el Madroño, se realizó únicamente un control de arvenses a los 8 DDC, se limpió completamente el plato de cada planta.

Determinación de costos. Los costos de la fertilización se determinaron para cada tratamiento realizado en cada finca.

VARIABLES EVALUADAS

En las dos fincas se evaluaron:

Altura de la planta. Se midió la altura de 10 plantas por parcela, se tomó la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice de la última hoja del rebrote más alto.

Peso de biomasa (hojas más tallo). Se cortaron 15 plantas de cada parcela y se pesaron para obtener biomasa total/parcela, se calculó el promedio de biomasa por planta/parcela.

Peso de las hojas. Se separaron las hojas de los tallos de las 15 plantas y se pesaron, se calculó el peso promedio de las hojas por planta/parcela. Al separar las hojas de los tallos se les quitó el peciolo porque el gusano de seda no lo consume.

Peso de tallos. Se pesaron los tallos y se calculó el peso promedio de los tallos por planta para cada parcela.

Relación peso de hojas/peso de tallos. Se dividió el peso de las hojas entre el peso de los tallos, para calcular la cantidad de unidades de peso de hojas producidas por cada unidad de peso de tallo producido por una planta.

Rendimiento de hojas sin peciolo (ton/ha). Se calculó extrapolando la producción de hoja de una planta a la producción de hoja del total de plantas en una hectárea (20.000 plantas).

Composición nutricional. Para evaluar la composición nutricional de la morera, se mezclaron las hojas de las plantas de cada tratamiento, se tomó una muestra de 300 g, se empacaron en sobres de manila, se rotularon y se enviaron al laboratorio para análisis bromatológicos.

RESULTADOS

Análisis de Suelo

Los resultados de La sultana y de El madroño permitieron cuadro 2 determinar que los suelos no cubren los requerimientos nutricionales de la Morera. Con base en estos resultados se determinaron los tratamientos, teniendo en cuenta que se aplicaría fertilización foliar y edáfica, se trabajó con las dosis mínimas.

Cuadro 2. Resultado análisis de suelo y requerimiento del cultivo.

Nutriente	Requerimiento	Aporte del suelo kg	
	(kg/ha/año)	La sultana	El madroño
Cal	1.000- 1.500		
N	350	179,2	150,08
P ₂ O ₅	100 a 150	6,37	8,06
K ₂ O	250	269,57	531,65

Comportamiento Agronómico

Las condiciones climáticas durante la fase de campo permitieron un buen prendimiento de los esquejes sembrados, durante el mes de siembra (abril) se presentaron lluvias abundantes y frecuentes que permiten la brotación adecuada de las yemas [7].

Durante el ciclo del cultivo no se presentaron enfermedades, por lo que no fue necesario establecer medidas de control, lo anterior, se atribuye a que las precipitaciones fueron escasas; días previos al corte y evaluación, se presentaron lluvias intensas que dieron origen a focos de mancha foliar causada por *Cercospora moricola*, la cual se presenta en condiciones de alta humedad y mala ventilación [7], en este caso se atribuye al cierre de las calles por el buen desarrollo de los rebrotes.

Caracterización y composición del A.L.O.F.A

Los resultados del análisis del A.L.O.F.A. (Cuadro 3) muestran que posee la mayoría de los nutrientes esenciales requeridos por las plantas, superando al abono orgánico comercial que solo contiene N, P y carbono orgánico.

Durante la fase de crecimiento, la morera toma muchos elementos del suelo tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, boro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno [8]. Cada uno de estos elementos tiene una función específica en el crecimiento y metabolismo, la falta de alguno de ellos, afecta de alguna forma el normal desarrollo de la planta.

Cuadro 3. Resultado de análisis de caracterización y composición del A.L.O.F.A.

Parámetro	Resultado	Unid
Carbono orgánico	25,80	g/L
pH	4,86	
Densidad (20°C)	1,06	g/cm ³
Conductividad eléctrica	0,33	dS/m
Sólidos insolubles	4,29	g/L
Nitrógeno orgánico	3,21	g/L
Fósforo soluble (P ₂ O ₅)	0,45	g/L
Potasio soluble en agua	11,40	g/L
Calcio Soluble (CaO)	1,91	g/L
Magnesio soluble (MgO)	2,33	g/L
Azufre soluble (S-SO ₄)	4,32	g/L
Hierro soluble	1,30	g/L
Manganeso soluble	2793,00	ppm
Cobre soluble	527,00	ppm
Zinc soluble	2018,00	ppm
Boro soluble	6,90	ppm
Sodio soluble	0,24	g/L

Cuadro 4. Promedios para las variables evaluadas en Morera en la sultana y el Madroño.

Tratamiento	Altura planta (cms)	Biomasa (g)	Peso tallo (g)	Peso hoja(g)	Relación hoja/ tallos	Rendimiento ton/ ha/corte
La sultana						
0	141,1	219,0	115,4	103,6	0,9	2,1
1	134,3	205,3	111,1	94,2	0,9	1,9
2	134,6	203,3	113,2	90,1	0,9	1,8
3	161,7	376,3	211,6	164,7	0,8	3,3
4	150,5	270,8	147,2	123,7	0,9	2,5
5	159,2	326,5	186,5	150,0	0,8	3,0
6	133,8	167,4	83,2	84,2	1,0	1,7
El madroño						
0	140,8	586,7	276,6	310,0	1,1	6,2
1	161,0	942,0	529,6	412,4	0,8	8,3
2	159,5	875,3	491,2	384,1	0,8	7,7
3	159,8	919,8	516,8	403,0	0,8	8,1
4	161,2	942,0	512,8	429,2	0,9	8,6
5	157,7	780,0	427,8	352,2	0,8	7,0
6	150,3	630,7	350,9	279,8	0,8	5,6

Terminada la fase en campo se obtuvieron los siguientes resultados:

En el cuadro 4 se relacionan los promedios obtenidos, en La sultana los tratamientos se evaluaron desde el momento de la siembra hasta el primer corte de morera. Se observa que los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento 3 que corresponde a aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días de A.L.O.F.A. en una concentración de 5%. En El Madroño, el cultivo estaba en segundo año de producción y la evaluación se hizo en el tercer corte. Los mejores resultados se obtuvieron con T4 que supera en rendimiento en 38,4% al testigo, el T4 corresponde a A.L.O.F.A. al 5% más IM, con aplicación alterna edáfica/foliar cada 15 días del A.L.O.F.A.

El análisis de varianza ($P=0,05$) no detectó diferencias entre repeticiones; entre los tratamientos en La sultana, solo hubo diferencias estadísticamente significativas en la relación peso hojas/peso tallos. En El Madroño en biomasa, peso de tallos, peso de hojas, relación peso hojas/peso tallos y rendimiento (cuadro 5).

La prueba de promedios de Duncan ($P=0,05$), para La sultana formó dos grupos en la relación peso hoja/peso tallos, uno conformado por T0 y T6 que presentaron las mejores relaciones, lo cual significa que en estos tratamientos se forma la mayor cantidad de unidades de peso de hojas por cada unidad de peso de tallo que la planta produce, lo cual es importante teniendo en cuenta que la parte aprovechable son las hojas. En el Madroño, formó 3 grupos en biomasa, peso de hojas y rendimiento y dos grupos para peso tallo y relación peso hoja/peso tallos (Cuadro 6).

Estos resultados coinciden con los reportados por [9] quienes obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para la relación peso de hojas/peso de tallos, al comparar morera bajo diferentes planes de fertilización. Los resultados obtenidos en este estudio superan los reportados con una relación de 0,77 [9] y coinciden con otro en donde se encontraron diferencia estadísticamente significativa para componentes de rendimiento de morera con la aplicación de compostaje, lombricompostado y fertilizante químico [10]. Además, es evidente que los tratamientos que incluyen el A.L.O.F.A. (T4, T3 y T1) comparados con el BP-150 (T5 y T6), presentan mejores resultados, corroborando lo enunciado por Chandanga *et al.* que mencionan que al faltar un nutriente se afecta de alguna forma el normal desarrollo de la planta; A.L.O.F.A. posee N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn y B y BP-150

Cuadro 5. Análisis de varianza para La sultana y El madroño.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Gli	Cuadrados medios	F	Sig.	
La Sultana						
Altura (cm)	Bloques	2,624.60	6	437.4	0.4	0.7
	Tratamientos	7,380.80	14	527.2	0.8	0.6
	Total	10,005.40	20			
Biomasa/ planta (g)	Bloques	102,432.90	6	17072.2	0.4	0.7
	Tratamientos	227859.4	14	16275.7	1.1	0.4
	Total	330292.3	20			
Peso tallos (g)	Entre bloques	38088	6	6348	0.3	0.7
	Entre trata- mientos	71133.5	14	5081	1.3	0.3
	Total	109221.5	20			
Peso hojas (g)	Bloques	17698.4	6	2949.7	0.5	0.6
	Tratamientos	42998	14	3071.3	1	0.5
	Total	60696.4	20			
Peso hojas/ Peso tallos	Bloques	0.1	6	0	0.4	0.7
	Tratamientos	0.1	14	0	1.5	*
	Total	0.2	20			
Rend. (ton/ha)	Bloques	7.1	6	1.2	0.5	0.6
	Tratamientos	17.2	14	1.2	1	0.5
	Total	24.3	20			
El Madroño						
Altura (cm)	Bloques	1033.3	6	172.2	1.10	0.16
	Tratamientos	1505	14	107.5	1.6	0.22
	Total	2538.3	20			
Biomasa/ planta (g)	Bloques	402300	6	67050	0.58	0.57
	Tratamientos	320861	14	22919	2.9	*
	Total	723160	20			
Peso tallos (g)	Bloques	169594	6	28266	0.45	0.64
	Tratamientos	137783	14	9842	2.9	*
	Total	307377	20			
Peso hojas (g)	Bloques	55762	6	9294	0.8	0.47
	Tratamientos	45831	14	3274	2.8	*
	Total	101594	20			
Peso hojas/ Peso tallos	Bloques	0.25	6	0.04	0.09	0.92
	Tratamientos	0.12	14	0.01	4.9	*
	Total	0.38	20			
Rend. (ton/ha)	Bloques	22.3	6	3.72	0.8	0.47
	Tratamientos	18.33	14	1.31	2.8	*
	Total	40.64	20			

solo posee N y P. Por lo anterior, la fertilización de morera con el A.L.O.F.A. arroja mejores resultados que al fertilizarla con BP- 150 porque este último contiene solo dos nutrientes [11].

La mayor relación peso de hojas/peso de tallos se obtuvo con los T0 y T6 (cuadro 5) donde por cada g de tallo la planta produce 0,97 y 1,12 g de hojas, donde el hecho de que en la biomasa de la morera las hojas tengan mayor proporción frente a los tallos, hace de esta planta un forraje de calidad superior a los forrajes convencionales, cuando este es utilizado para alimentación animal [11].

Por otra parte, los rendimientos obtenidos en la presente investigación están dentro del rango reportado por Reyes *et al.* [11] para morera de 2 años de establecida (donde el cultivo sedice alcanza el 65% de la producción y la plena producción se logra en el tercer año de establecida), con un plan de fertilización que incluye N, P, K y Ca provenientes de fertilizantes de síntesis química logrando rendimientos entre 6,82 y 7,8 ton/ha/corte. Lo anterior evidencia la importancia de fertilizar la morera, en este caso, la fertilización con A.L.O.F.A. permitió obtener rendimientos muy similares e incluso mayores a los obtenidos con la fertilización de síntesis química, con la ventaja de que hay un manejo ambientalmente responsable porque se evitan las alteraciones negativas en el suelo como la acidez residual que causan los fertilizantes de síntesis química [12].

Cuadro 6. Prueba de promedios de Duncan para la relación peso hojas/peso tallos en La Sultana.

Tratamiento	Subgrupo para alfa 0 =,05		
La sultana			
3	0,79		
5	0,81		
2	0,85		
1	0,87		
4	0,87		
0		0,92	
6		0,97	
El madroño			
Biomasa			
0	586,7		
6	630,7		
5	780		
2		875,3	
3			919,8
1			942
4			942
Peso tallo			
0	276,6		
6	350,9		
5	427,8		
2		491,2	
4		512,8	
3		516,8	
1		529,6	
Peso Hojas			
6	279,8		
0	310		

*Diferencia estadísticamente significativa al 5%

A pesar de que no hay diferencias estadísticamente significativas en rendimiento en La sultana, el T3 supera al testigo en 58,9%, con lo cual se podrán criar 2,71 cajas adicionales de gusano de seda en el primer corte, que significan 108,4 kg de capullo fresco y 10,84 kg de seda más con respecto al tratamiento testigo, esto, teniendo en cuenta que una caja de 20.000 gusanos de seda consumen aproximadamente 450 kg de hoja de morera desde el nacimiento hasta el encapullado y produce 40 kg de capullo fresco que finalmente serán 4 kg de seda.

La morera, en el primer año de establecida, solo produce el 30% de hoja con respecto a la plena producción, en el segundo año produce 65% y el 100% en el tercer año, es decir que a partir del segundo y tercer año en adelante el rendimiento aumentará porque la evaluación se realizó en el primer año de establecida la morera [12].

Composición nutricional

Los resultados del análisis bromatológico para cada tratamiento (**cuadro 7**), de muestras tomadas en el momento del corte (150 DDS) en La sultana y (90 DDC) en El Madroño, se observa que las diferencias en las variables bromatológicas son mínimas, lo cual indica que los tratamientos no incidieron en la calidad nutricional del forraje.

En cuanto a materia seca y proteína cruda, los resultados obtenidos en esta investigación superan a los reportados para morera de 31,5% y de 18,1% respectivamente [12], mientras que en el caso de fibra cruda los resultados de esta investigación son inferiores a los reportados (24,3%) [13] siendo esto muy importante, pues los altos contenidos de fibra influyen en la digestibilidad del alimento provocando un menor peso promedio de larvas y por consiguiente un menor desarrollo de las glándulas de seda [14].

Se reportan valores de proteína cruda para la morera con fertilización nitrogenada de síntesis química entre 18 y 24%, rango en el cual están ubicados todos los tratamientos realizados en el presente estudio [15].

Al evaluar la calidad de hojas de morera, representada por el tenor de proteína y su influencia en la cría del gusano de seda [16], determinaron que niveles de proteína alrededor de 21% presentan los mejores resultados en variables como peso de larvas, peso de capullos y tamaño de capullos en comparación con niveles de proteína

Cuadro 7. Relación de resultados del análisis bromatológico por tratamiento, en La Sultana.

Tratamiento	% MS	%EE	%FC	%PC	%ENN	%CENIZAS	%P	%Ca
La Sultana								
T0	38,1	2,28	14,9	19,9	51	11,9	0,33	2,08
T1	37,2	2,62	19,8	20,4	43,9	13,3	0,37	2,5
T2	38,3	1,85	20,5	18,7	45,3	13,6	0,42	2,74
T3	37	2,22	19,5	20,6	44,6	13,1	0,39	2,88
T4	38,6	2,18	18,7	18,7	45,6	14,8	0,36	2,97
T5	35,4	2,79	17,4	20,7	46,8	12,3	0,34	2,36
T6	37,4	2,3	18,4	20,6	45,2	13,5	0,34	2,41
El Madroño								
T0	40,8	1,75	11,00	18,3	60,1	9,06	0,31	1,83
T1	36,7	2	17,7	21,2	49,4	9,74	0,35	1,77
T2	45,3	1,98	12,9	19,4	55,8	9,91	0,25	2,14
T3	36,2	2,42	14,7	21,2	52,2	9,44	0,37	1,87
T4	41,10	2,15	15,9	18,9	53,6	9,5	0,24	2,09
T5	35,2	2,53	19,8	20,9	46,8	10,00	0,39	2,03
T6	34,2	1,92	15,3	22,6	50,3	9,85	0,33	1,63

MS: materia seca; EE: extracto etéreo (grasas), FC: fibra cruda; PC: proteína cruda; ENN: extracto no nitrogenado; P: fósforo y Ca: Calcio

cercanos al 11%. La mayoría de los tratamientos evaluados en esta investigación presentan niveles de proteína alrededor del 21%, por lo que se espera que los gusanos que se alimenten con esta morera, al final del ciclo presenten buen peso y su rendimiento en capullo fresco sea alto.

Costos de fertilización e inoculación por tratamiento

Se determinaron para cada tratamiento por corte. En La Sultana, la evaluación se hizo en el primer año de establecida; el T1 fue el que presentó menor costo (\$540.775) y el T6 presentó el mayor (\$4.338.880), El T3 fue el de mejor rendimiento y su costo fue de \$586.550 siendo 0,37% más económico que el T0.

La morera alcanza la máxima producción en el tercer año, de acuerdo con lo anterior y, teniendo en cuenta que la inoculación se hace una única vez en todo el ciclo de vida de la morera (15 años), al proyectar el rendimiento de hoja y costos de fertilización e inoculación desde el año uno hasta el tercer año, se obtiene que si el T3 continúa con 58,9% más de rendimiento respecto a T0, este permitirá criar hasta 36,1 cajas de gusano de seda al año, con 0,37% menos costos que el testigo para cuando el cultivo se encuentre en plena producción, es decir al tercer año de establecida [17].

Este decrecimiento en costos por fertilización al usar el T3 parece insignificante, pero además de la reducción en los costos de fertilización, en el año 3, se logra obtener 16,27 ton de hoja por año más que T0, lo cual permitirá criar 36,1 cajas más al año, aumentando los ingresos al vender 36,1 cajas más de las que inicialmente vendía. Cabe resaltar que esta disminución en los costos por fertilización y aumento de ingresos se lograra siempre y cuando el sericultor prepare en su finca el A.L.O.F.A.

En El Madroño, la evaluación se hizo en morera que iniciaba el segundo año de establecida, se evidenció que el T1 fue el que presentó menor costo (\$558.050) y el T6 el mayor (\$4.443.060), coincidiendo con los resultados obtenidos en la sultana. Los costos de fertilización e inoculación fueron más altos en El Madroño, lo cual se debe a la edad de la morera (inicia segundo año).

Al proyectar el rendimiento de hojas y costos de fertilización e inoculación por año, desde el año dos hasta el tercer año, los mejores resultados se obtienen cuando el cultivo llegue a plena producción con el T4. Al comparar el T4 refleja en el año 3 una reducción de 10,05% en costos de fertilización e inoculación, con un aumento en la producción de 38,95% (14,80 ton) más de hoja de morera que el testigo (T0), lo cual permite criar 32,8 cajas más de gusano de seda al año.

Teniendo en cuenta que a partir del tercer año no hay inoculación con IM que es la que aumenta costos de fertilización e inoculación en el segundo año, se resalta que esta inversión se recupera con el aumento en la producción del segundo año, de acuerdo con las evidencias reflejadas en el aumento de la producción desde el primer corte y la ganancia se observa en la producción proyectada de los ingresos durante todo el ciclo productivo de la morera.

El T4 y el T3 muestran diferencia significativa en el rendimiento, el T4 supera en producción en 6,45% al T3, la diferencia se explica porque la inoculación aumenta el rendimiento de hoja de morera al mejorar la disponibilidad de nutrientes. El 90% de los mayores costos de fertilización/inoculación del segundo año del T4, se recuperan en el mismo año con el rendimiento, a partir del tercer año la ganancia supera al T3 y se mantiene a lo largo del ciclo productivo.

Al comparar T3 con T0, se observa que el T3 aumenta en 30,53% (11,6 ton/ha/año) el rendimiento de hoja de morera y reduce en un 10,05% los costos de fertilización en el año tres frente al T0.

La morera tiene un ciclo productivo económicamente rentable hasta los 15 años de producción después de su establecimiento, logrando y estandarizando su mayor producción a partir del tercer año y sosteniéndose hasta el año 15 [18]. Teniendo en cuenta que el T4 y el T3 producen 14,8 y 11,6 ton/ha/año respectivamente, más que el T0, se realizó la proyección de los ingresos adicionales que tendrá el productor. Se obtuvo que, en los 15 años

de duración del cultivo de morera, si el sericultor lo fertiliza con A.L.O.F.A. en concentración de 5% e inocula con IM (T4vsT0) obtendrá \$269.696.000 pesos más que con el manejo tradicional y si solo fertiliza con el A.L.O.F.A. en concentración de 5% obtendrá \$203.889.777,78 pesos más que con manejo tradicional.

CONCLUSIONES

Existe efecto de la fertilización con A.L.O.F.A. en producción de biomasa y costos de fertilización e inoculación de morera. En La Sultana se obtuvo un 58,9% más de rendimiento y una disminución del 0,37% en los costos de fertilización e inoculación con respecto al manejo tradicional; en el Madroño se obtuvo un 38,95% más de rendimiento y una disminución del 10,05% en costos de fertilización e inoculación, en el año tres, comparado con el manejo tradicional.

La fertilización edáfica/foliar con A.L.O.F.A. al 5% supero a la fertilización con abono orgánico comercial. Se obtuvo un 9,67% y 17,19% más de rendimiento en La Sultana y El Madroño respectivamente, en comparación con el abono orgánico líquido comercial.

La inoculación con IM aumenta la eficiencia de la fertilización debida principalmente al mejoramiento de la nutrición fosfórica, por esta razón debe considerarse como una inversión y no como un costo adicional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca, al SENA y al ingeniero Antonio Marín por el apoyo en la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] FARAHANIA, MARYAN; SALEHI-ARJMANDA, HOSSEIN; KHADIVIB, ALI; AKRAMIANA, MORTEZA. Phenotypic diversity among *Morus alba* var. nigra genotypes as revealed by multivariate analysis. *Scientia Horticulturae*, v.248, 2019, p. 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.055>
- [2] BASSO, C.P.; DE BARGAS, S.A.; DOBLER, S. Evaluación económica de la producción de seda en la zona de Realicó (La Pampa, Argentina). *Archivos de Zootecnia* v. 66, n. 254, 2017, p. 189-193. <https://doi.org/10.21071/az.v66i254.2321>
- [3] PENTÓN-FERNÁNDEZ, G.; MARTÍN-MARTÍN, GIRALDO-JESÚS; RIVERA-ESPINOSA, RÁMON-ANTONIO; MARTÍN-ALONSO, GLORIA-MARTA; GONZÁLES-CAÑIZARES, PEDRÓ-JOSÉ; OROPEZA-CASANOVA, KATERINE. Manejo de la nutrición y la defoliación de *Morus alba* (L.) var. tigreada para la producción de hojas. *Pastos y Forrajes*, v. 39, n. 4, 2016, p. 252-258.
- [4] REINO-MOLINA, JORGE-JESÚS; MONTEJO-VALDÉS, LAURA A.; SÁNCHEZ-RENDÓN, JORGE-ALBERTO; MARTÍN-MARTÍN, GIRALDO-JESÚS. Seed characteristics of five mulberry (*Morus alba* L.) varieties harvested in Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*, v. 40, n. 4, 2017, p. 259-263.
- [5] THONGPRAJUKAEW, KARUN; CHOTIMANOTHU, BANTHARI; KOVITVADHI, ATTAWIT; KOVITVADHI, UTHAIWAN; PAKKONG, PANNEE. The effects on in vitro digestibility from different developmental stages of silkworm larvae, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) and position of mulberry leaves, *Morus alba* (Rosales: Moraceae). *Journal of Asia - pacific entomology* v. 20, n. 4, 2017, p. 1134-1139. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.08.005>
- [6] FRANCH, RICARDO; NAVARRO, GERMAN. *Las rutas de la seda en la historia de España y Portugal*. 1 ed. Valencia (España): Universitat de València, 2018, 454 p.

- [7] CHAKRABORTYA, BARNA; KUNDUB, MANAB; CHATTOPADHYAY, R.N. Organic Farming with Bio-mulching—A New Paradigm for Sustainable Leaf Yield & Quality of Mulberry (*Morus alba* L.) under Rainfed Lateritic Soil Condition. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 11, 2016, p. 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.12.006>
- [8] ROHELAA, G.K. *et al.* In vitro regeneration and assessment of genetic fidelity of acclimated plantlets by using ISSR markers in PPR-1 (*Morus* sp.): An economically important plant. *Scientiae Horticulturae*, v. 241, 2018, p. 313-321. <https://doi.org/acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.scienta.2018.07.012>
- [9] MARTÍN-MARTÍN, GIRALDO; RIVERA-ESPINOSA, RAMÓN; MARTÍN-ALONSO, GLORIA M.; MACHADO-CASTRO, REY; HERRERA-ALTUVE, JOSÉ A. Efecto del intervalo de corte y el manejo de la nutrición en plantaciones de morera (*Morus alba* L.). *I Producción de forraje. Pastos y Forrajes* v. 39, n. 2, 2016, p. 111-118.
- [10] VÁSQUEZ, H.B.; MARAVÍ, C. Efecto de fertilización orgánica (biol y compost) en el establecimiento de morera (*Morus alba* L.). *Revista RICBA* v. 1, n. 1, 2017, p. 33-39. <https://10.25127/ricba.201701.004>
- [11] REYES, S.N.; VIVAS, J.; AGUILAR, P.; HERNÁNDEZ, J.; CALDERA, N., Suplementación de cobayos (*Cavia porcellus*) con follaje fresco de morera (*Morus alba*) y moringa (*Moringa oleifera*). *Revista científica la calera* v. 18, n. 30, 2018, p. 7-13. <https://doi.org/10.5377/calera.v18i30.7733>
- [12] SÁNCHEZ-SALCEDO, EVA M.; SENDRA, SHER; CARBONELL-BARRANCHINA, ÁNGEL; MARTÍNEZ, JUAN-JOSÉ; HERNÁNDEZ, FRANCISCA. Fatty acids composition of Spanish black (*Morus nigra* L.) and white (*Morus alba* L.) mulberries. *Food Chemistry*, v. 190, 2016, p. 566-571. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.008>
- [13] CARDONA-IGLESIAS, JUAN-LEONARDO; MAHECHA-LEDEZMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUIN. Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, v. 28, n. 1, 2017, p. 273-288. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43748637022>
- [14] HERNÁNDEZ-MORALES, JAHDAI; SÁNCHEZ-SANTILLÁN, PAULINO; TORRES-SALADO, NICOLÁS; HERRERA-PÉREZ, JERÓNIMO; ROJAS-GARCÍA, ADELAI DO R.; REYES-VÁZQUEZ, IVÁN; MENDOZA-NÚÑEZ, MARIO A. Composición química y degradaciones in vitro de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 9, n. 1, 2018, 16 p. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- [15] WEI-CHIANG, ERIC; PHUI-YAN, LYE; SIU-KUIN, WONG. Phytochemistry, pharmacology, and clinical trials of *Morus alba*. *Chinese Journal Natural Medicines*, v. 14, n. 1, 2016, p.17-30. <http://doi.10.3724/SP.J.1009.2016.00017>
- [16] WANGA, DUJUN; JIANG, JIAYI; LIU, JIA; WANG, DAN; YU, XIAOFENG; WEI, YUAN; OUYANG, ZHEN. Cloning, expression, and functional analysis of lysine decarboxylase in mulberry (*Morus alba* L.). *Protein Expression and Purification* v. 151, 2018, p. 30–37. <https://doi.org/acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.pep.2018.06.004>
- [16] FONSECA-LOPEZ, DANIA; RODRÍGUEZ-MOLANO, CARLOS-EDUARDO. Efecto de un inoculante microbiano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje de *Morus alba* L. y *Sambucus nigra* L. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, v. 11, n. 2, 2019, p. 93-101. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.825>
- [17] KAUSHAL, R.; KUMAR, A.; ALAM, N.M.; MANDAL, D.; JAYAPARKASH, J.; TOMAR, J.M. S.; CHATURVEDI, O.P. Effect of different canopy management practices on rainfall partitioning in *Morus alba*. *Ecological Engineering*, v. 102, 2017, p. 374–380. <https://doi.org/acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.ecoleng.2017.02.029>
- [18] CHACÓN-HERNÁNDEZ, PABLO; BOSCHINI-FIGUEROA, CARLOS. Peso estimado en cabras con una cinta comercial de pesaje y perímetro torácico. *Agronomía Mesoamericana* v. 28, n. 1, 2017, p. 229-236. <http://doi:10.15517/am.v28i1.21611>