



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Trabajo de Tesis

Comportamiento productivo de morera (*Morus alba* L.)
sometida a diferentes fertilizantes y frecuencias de corte,
Managua, Nicaragua, 2022.

AUTORES

Br. Jorge Armando Vásquez Gutiérrez

Br. Odalis Marcela Membreño Aguilar

ASESORES

Lester Rocha Molina, PhD.

Nadir Reyes Sánchez, PhD.

Bryan Mendieta Araica, PhD.

Wendel Mejía Tinoco, MSc.

Managua, Nicaragua

Marzo, 2023



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

Trabajo de Tesis

Comportamiento productivo de morera (*Morus alba* L.)
sometida a diferentes fertilizantes y frecuencias de corte,
Managua, Nicaragua, 2022.

AUTORES

Br. Jorge Armando Vásquez Gutiérrez

Br. Odalis Marcela Membreño Aguilar

ASESORES

Lester Rocha Molina, PhD.

Nadir Reyes Sánchez, PhD.

Bryan Mendieta Araica, PhD.

Wendel Mejía Tinoco, MSc.

Managua, Nicaragua

Marzo, 2023

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal (FACA), como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Zootecnista

Miembros del Comité Evaluador

Lic. Rosario de la Concepción
Rodríguez Pérez M.Sc.
Presidente

Ing. Jerry Antonio Vivas M.Sc.
Secretario

Ing. Josue Daniel Rocha M.Sc.
Vocal

Lugar y Fecha: Managua, Nicaragua. 17 de marzo del 2023

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de culminación de estudios principalmente a Dios, por habernos dado la vida, la sabiduría, el entendimiento, dirección, y permitirnos hoy cosechar este logro tan fundamental e importante para nuestras vidas.

A nuestros padres por ser el segundo pilar más importante después de Dios., Por enseñarnos siempre con el ejemplo y educación, que, con amor, disciplina, trabajo arduo e inteligente, perseverancia y fe en el Señor, los sueños dejan de ser una imaginación y se convierten en realidades.

También quisiéramos dedicar este trabajo a las personas que se nos adelantaron en el camino de la vida, que hoy no están con nosotros, pero que siempre serán recordados con amor, por apoyarnos y guiarnos con sus consejos que jamás olvidaremos, que sin importar nada siempre vivirán en nuestros corazones.

Por último, pero no menos importante, dedicamos este proyecto de tesis a aquel pequeño grupo de amigos y compañeros de estudio con quienes compartimos durante este largo camino, que creyeron en nosotros, que confiaron en el proceso y la trascendencia de estos cinco años de carrera; y en su momento jugaron un papel muy clave.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro mayor agradecimiento es a Dios por habernos guiado, dándonos la sabiduría y fortaleza en este camino y por permitirnos concluir con una de nuestras metas.

A nuestros familiares y amigos que estuvieron con nosotros en este proceso y que jamás olvidaremos el apoyo que nos dieron.

A nuestros docentes y asesores por habernos brindado una buena educación, valores, conocimientos y experiencias en el campo profesional. A muchos de ellos que nos sirvieron de ejemplo e inspiración para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivo Específicos	2
III. MARCO DE REFERENCIA	3
3.1 Sistemas silvopastoriles	3
3.2 Bancos forrajeros	3
3.3 Generalidades de la Morera (<i>Morus alba</i> L).	4
3.4 Clasificación taxonómica y descripción botánica	5
3.5 Características botánicas	5
3.6 Recursos genéticos	5
3.7 Aspectos agroecológicos	5
3.8 Usos de la morera	6
3.9 Producción de biomasa	6
3.10 Rendimiento de morera en función de la fertilización	7
3.11 Rendimiento de morera en función de la frecuencia de poda	8
3.12 Fertilizantes orgánicos	9
3.12.1 Biol	9
3.12.2 Lactobacillus	9

IV. METODOLOGÍA	11
4.1 Ubicación del área de estudio	11
4.2 Diseño metodológico	11
4.3 Características y manejo de banco forrajero	12
4.4 Variables evaluadas	14
4.4.1 Rendimiento de biomasa	14
4.4.2 Capacidad de rebrote	14
4.4.3 Rasgos foliares	15
4.5 Análisis de datos	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Rendimiento de biomasa	17
5.1.1 Biomasa comestible	17
5.1.2 Biomasa no comestible	18
5.1.3 Biomasa total	19
5.2 Capacidad de rebrote	20
5.2.1 Número de rebrotes apicales	20
5.2.2 Número de rebrotes basales	22
5.2.3 Número total de rebrotes	23
5.3 Rasgos foliares	24
5.3.1 Biomasa foliar	24
5.3.2 Área foliar	25
5.3.3 Área foliar específica	26
VI. CONCLUSIONES	27
VII. LITERATURA CITADA	28
VIII. ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

SECCIÓN		PÁGINA
Figura 1.	Plano del área de estudio.	12
Figura 2.	Biomasa comestible (g planta ⁻¹).	17
Figura 3.	Biomasa no comestible (g planta ⁻¹).	18
Figura 4.	Biomasa total (g planta ⁻¹)	19
Figura 5.	Número de rebrotes apicales planta ⁻¹ .	21
Figura 6.	Número de rebrotes basales planta ⁻¹ .	22
Figura 7.	Número total de rebrotes planta ⁻¹ .	23
Figura 8.	Biomasa foliar (g planta ⁻¹).	29
Figura 9.	Área foliar (cm ²).	30
Figura 10.	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹) .	31

ÍNDICE DE ANEXOS

SECCIÓN	PÁGINA
Anexo 1. Parcelas experimentales.	32
Anexo 2. Desarrollo de plantas.	32
Anexo 3. Cepa madre de fertilizante orgánico Lacto	33
Anexo 4. Fertilizante orgánico Biol	33
Anexo 5. Fertilización de plantas evaluadas	34
Anexo 6. Manejo de parcela y subparcelas.	34
Anexo 7. Conteo de rebrotes.	35
Anexo 8. Corte de plantas de <i>Morus Alba</i> seleccionadas.	35
Anexo 9. Secado temperatura ambiente.	36
Anexo 10. Secado en hornos industriales a °65 c	36
Anexo 11. Pesaje de muestras.	37
Anexo 12. Selección de Biomasa comestible.	37

RESUMEN

La morera (*Morus alba* L.) ha mostrado un elevado rendimiento de forraje con excelentes características nutricionales junto con alto consumo por rumiantes y no rumiantes. El alto nivel productivo de esta leñosa forrajera requiere de fertilización para reponer los nutrientes extraídos del sistema y garantizar la sostenibilidad del mismo. Sin embargo, se conoce poco sobre la utilización de la morera con el uso tecnologías orgánicas más amigables con el ambiente y que al mismo tiempo ayuden en la reducción de costos de producción. El presente trabajo tuvo como propósito evaluar el comportamiento productivo de morera sometida a diferentes fertilizantes y frecuencias de corte. Se estableció un experimento en diseño de parcelas divididas con estructuras de parcelas principales en bloques completamente al azar con sub-muestreo. El factor A (fertilizante) se asignó a la parcela principal e incluyó: a_1) fertilizante inorgánico, a_2) fertilizante orgánico Biol y a_3) fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. El factor B (frecuencia de corte) se asignó a la subparcela e incluyó: b_1) corte cada 6 semanas, b_2) corte cada 12 semanas. Las variables evaluadas se clasificaron y agruparon en rendimiento de biomasa, capacidad de rebrote y rasgos foliares. Los resultados señalan que la frecuencia de corte influye determinadamente en el rendimiento de biomasa de *Morus alba* L. Sin embargo, el efecto de la frecuencia de corte sobre la acumulación de biomasa no comestible está en dependencia del tipo de fertilizantes. La capacidad de rebrote está en dependencia de las frecuencias de corte, donde el mayor número de rebrotes (apicales, basales y totales) se obtuvo con la mayor frecuencia de corte. Los rasgos foliares de *Morus alba* L. estuvieron condicionados a las frecuencias de corte indicando una más rápida producción de biomasa con las plantas cortadas más frecuentemente.

Palabras clave: Banco forrajero, rendimiento de biomasa, capacidad de rebrote, rasgos foliares, frecuencia de corte, fertilización orgánica.

ABSTRACT

The mulberry (*Morus alba* L.) has shown a high forage yield with excellent nutritional characteristics along with a high intake by ruminants and non-ruminants. The high productive level of this woody forage requires fertilization to replenish the nutrients extracted from the system and thus guarantee its sustainability. However, little is known about the use of mulberry with the use of organic technologies that are more environmentally friendly and at the same time help reduce production costs. The purpose of this work was to evaluate the productive behavior of mulberry subjected to different fertilizers and cutting frequencies. A split-plot design was set up with main-plot structures in completely randomized blocks with sub-sampling. Factor A (fertilizer) was assigned to the main plot and included: a_1) inorganic fertilizer, a_2) Biol organic fertilizer, and a_3) lactobacillus serum fertilizer. Factor B (cutting frequency) was assigned to the subplot and included: b_1) cutting every 6 weeks, b_2) cutting every 12 weeks. The variables were classified and grouped into biomass yield, regrowth capacity and leaf traits. The results indicate that the cutting frequency has a decisive influence on the biomass yield of *Morus alba* L. However, the effect of the cutting frequency on the accumulation of non-edible biomass is dependent on the type of fertilizers. The regrowth capacity is dependent on the cutting frequencies, where the highest number of regrowths (apical, basal and total) was obtained with the highest cutting frequency. The foliar traits of *Morus alba* L. were conditioned to the cutting frequencies, indicating a faster biomass production with the more frequently cut plants.

Keywords: Forage bank, biomass yield, regrowth capacity, foliar traits, cutting frequency, organic fertilizer.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles son una combinación de árboles, arbustos forrajeros y pastos con enfoque a la producción ganadera, “transformar la finca hacia un sistema silvopastoril es una inversión importante, pero debe ser bien planificada”. (Lam, 2016).

Según estudios de Orozco y Sánchez, 2009 nos explica que:

Un banco forrajero es un área sembrada de una o varios forrajes perennes o de ciclo corto que se utiliza para alimentar los animales, el objetivo de un banco forrajero es que esta sea un área que permita disponer de abundante alimento de buena calidad para los animales; ya sea para la época seca o para cualquier otro período de crisis alimenticia que se pueda presentar a través del año (p.24).

Elizondo, 2007 indica que:

La morera (*Morus alba*) es una especie forrajera que presenta característica de calidad nutritiva, producción de biomasa y versatilidad agronómica importantes, representando así un excelente potencial para mejorar la calidad alimenticia de las dietas e incrementar la producción de los animales (p.256).

Para la producción de forraje, la morera ha mostrado excelentes características y un alto consumo por el ganado. “El contenido proteico de la planta entera varía de 14 a 22% de proteína cruda en base seca y la digestibilidad in vitro va de 70 a 80%” (Ortiz, 1992, como se citó en Boschini *et. al.*, 1998).

Con el fin de implementar el uso tecnologías más amigables con el ambiente y reducir los costos de producción, “gran número de productores están optando por los fertilizantes orgánicos. Sin embargo, es poco lo que se conoce sobre su utilización en cultivos de alto rendimiento forrajero como la morera”. (Elizondo, 2007)

El presente trabajo de tesis tuvo como propósito investigar el efecto combinado de frecuencias de corte y diferentes fertilizantes sobre el comportamiento productivo de morera (*Morus alba*) en un banco forrajero de la Universidad Nacional Agraria (UNA). Pretendiendo contribuir al uso más eficiente de los recursos disponibles en las fincas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento productivo de morera (*Morus alba* L.) sometida a diferentes fertilizantes y frecuencias de corte, en Managua, Nicaragua, 2022.

2.2 Objetivo Específicos

1. Determinar el efecto de los fertilizantes y las frecuencias de corte sobre el rendimiento de biomasa de *Morus alba* L.
2. Examinar el efecto de los fertilizantes y las frecuencias de corte sobre la capacidad de rebrote de *Morus alba* L.
3. Determinar el efecto de los fertilizantes y las frecuencias de corte sobre los rasgos foliares de *Morus alba* L.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Sistemas silvopastoriles

“Los sistemas silvopastoriles son una opción de producción pecuaria en donde las leñosas perennes interactúan con las forrajeras herbáceas y animales bajo un sistema de manejo integral” (Pezo e Ibrahim, 1998).

Lam, 2016 nos expone que:

Con esta práctica, se pretende una administración de los recursos de manera que perduren en el tiempo los árboles y arbustos, así como su aprovechamiento en la alimentación animal. La importancia de los mismos es que pueden aportar mucho en mantener una cobertura vegetal continua sobre el suelo, posiblemente haciéndolo más fértil a mediano plazo, trayendo beneficios verificables en la producción animal

La variabilidad en el clima y el cambio climático son retos para la producción ganadera. En años recientes, las sequías han afectado la ganadería mucho más que en décadas anteriores. Los sistemas silvopastoriles pueden reducir el impacto del cambio climático.

Lam, 2016, nos explica que:

La diferencia del sistema tradicional con los sistemas silvopastoriles, es que antes se pensaba que tener una sola variedad de pasto establecido era suficiente para la alimentación animal. A eso se le llama monocultivo. Hoy en día se entiende, que los animales usualmente necesitan una dieta más elevada, la cual puede obtenerse con una diversidad de forrajes. Pero un factor decisivo fue el reconocimiento de que el pasto monocultivo tiende a ser muy afectado por la sequía, lo que puede llevar a degradación de los suelos.

3.2 Bancos forrajeros

Los bancos forrajeros son aquellas partes de la finca que sembramos con altas densidades de especies forrajeras que pueden ser usadas, en la época seca forraje rico en nutrientes para la alimentación animal, este reduce la necesidad de comprar suplementos alimenticios como la gallinaza, melaza y semolina.

“El establecimiento de bancos forrajeros mejora la calidad y aprovechamiento de suelos, proporcionan servicios ambientales como el secuestro de carbono, el aumento de la biodiversidad y la conservación del agua” (Vilma A., Holguín y Muhammad I. 2005)

Los bancos forrajeros de leñosas perennes son considerados como una práctica silvopastoril, y por sus características bromatológicas, llegan a ser una fuente de proteína cruda importante y son referidos como bancos de proteína. Leñosas perennes como *Morus alba* (Morera) se caracterizan por su alto valor nutritivo y como suplemento para ganado vacuno de leche y carne, pero altamente preferido por las cabras, y resultan en un mejoramiento significativo en dieta diaria. (Boschini y Chacon, 2014)

3.3 Generalidades de la Morera (*Morus alba* L).

Tanto el árbol como el cultivo de morera (*Morus alba* L.) proceden de Asia y fueron desconocidos en occidente, hasta que, en el siglo VI a través de La Ruta de la Seda, fue introducida por los monjes nestorianos. Es ampliamente cultivada en la región de Murcia para la cría de gusano de la seda, industria muy floreciente en el pasado, no en vano la seda producida en dicha región tuvo fama mundial (Torralba *et. al.*, 2001). “A través del proyecto del gusano de la seda, esta ha sido llevada a muchos países en todo el mundo, encontrándose desde las áreas templadas de Asia y Europa, los trópicos de Asia África y América Latina”. (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1990)

“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 como se citó en Boschini *et. al.*,1998)

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 20,000 plantas por hectárea. (Blanco, 1992; Rodríguez *et. al.*,1994)

“La producción 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” (Ortiz, 2018).

3.4 Clasificación taxonómica y descripción botánica

- Reino: Plantae
- División: Spermatophyta
- Clase: Magnoliatae
- Orden: Urticales
- Familia: Moraceae
- Género: Morus
- Especie: Morus alba

En diversos países se conoce con otros nombres comunes: Amoreira (Brasil), Maulbeerbaum (Alemania), Mulberry (inglés).

3.5 Características botánicas

Es una especie leñosa, de porte bajo con hojas verde claro, brillosas, con venas prominentes. Sus ramas son grises a gris amarillentas y sus frutos son de color morado o blanco que miden entre 2,0-6,0 cm de largo (Benavides, 1995).

3.6 Recursos genéticos

La especie diploide *Morus alba* ($2n=28$) es la más extendida. Presenta hojas gruesas y grandes de color verde oscuro y producen un gran número de hojas por hectárea.

Según estudios realizados por Sánchez 2002, nos explica que:

Existe una gran variación en la producción de hojas y en su calidad (contenido de proteína) entre las especies de morera más cultivadas en diferentes localidades y bajo condiciones diversas de suelo y medio ambiente, lo que demuestra su potencial para identificar el germoplasma apropiado para muchos sistemas de producción.

3.7 Aspectos agroecológicos

Los rangos climáticos para el cultivo de la morera se comportan de la forma siguiente: temperatura desde 18°C a 38°C, precipitaciones desde 600- 2,500 mm; fotoperíodo de 9-13 horas día⁻¹ y humedad relativa de 65-80% (Sierra, 2006).

La adaptabilidad de la planta a diversas condiciones agroecológicas ha permitido el desarrollo de la sericultura por todo el mundo, por lo que la distribución actual del género *Morus* es en las zonas templadas, tropicales y subtropicales (Benavides, 1995).

Suelo: “Se puede plantar tanto en suelos planos como en pendientes, pero no tolera suelos de mal drenaje o muy compactos y tiene altos requerimientos nutricionales por lo que su fertilización permanentemente es necesaria” (Benavides, 1995). Con un pH entre 6,5 y 6,8 (Milera *et al.*, 2003).

Su cultivo puede realizarse desde una altura que oscila desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm (Soo-Ho *et al.*, 1990). “Su propagación puede realizarse por semillas, acodos, injerto y estacas. La propagación por estacas es la más utilizada, las estacas pueden ser plantadas de forma directa y su longitud no debe sobrepasar los 40 cm”. (Velásquez, 1992)

Estudios realizados por Sierra (2006) dice:

La morera no tolera suelos de mal drenaje ni compactados y es una planta que requiere fertilización ya que realiza grandes extracciones de nutrientes del suelo, no obstante, se ha comprobado que responde bien a la fertilización orgánica. Se han obtenido más de 50 toneladas de forraje verde comestible por hectárea de morera al aplicar estiércol de cabra al suelo.

3.8 Usos de la morera

El uso principal de la morera a nivel mundial es como alimento del gusano de la seda, pero dependiendo de la localidad también es apreciada por la fruta (consumida fresca, en jugo o en conservas), puede consumirse también como vegetales (hojas y tallos tiernos), por sus propiedades medicinales, en infusiones (te de morera) y como forraje animal. (Cepeda, 1991)

El follaje posee un valor nutricional, que alcanza el 25% de proteína bruta con una digestibilidad superior al 80%. En las hojas y tallos tiernos posee compuestos fenólicos, flavonoides, carbohidratos solubles, alcaloides, saponinas y esteroides en cantidades que no afectan la salud de los rumiantes. (Milera *et al.*, 2003)

3.9 Producción de biomasa

Según Benavides (1995), nos expone que:

Una de las características más sobresalientes de *M. alba* es su excelente producción de biomasa por unidad de área y su alta retención de hojas durante el período seco. La información disponible acerca de la producción de biomasa está casi exclusivamente

relacionada con las hojas, ya que es la parte utilizada para alimentar al gusano de seda. En cuanto a la producción de forraje, algunos estudios demuestran que *M. alba* presenta altos rendimientos a través de los ciclos anuales de producción bajo condiciones de fertilización y riego.

Según Ye (2002), señala que el rendimiento de la morera es afectado por una serie de factores, de los cuales se destacan la densidad de siembra, la fertilización y la edad de la planta. No obstante, la mayoría de los resultados señalan que los factores que influyen marcadamente en el rendimiento de la morera son la densidad de siembra, la fertilización y la frecuencia de corte.

De acuerdo con Talamucci *et. al.*, (2002), en sistemas asociados de *M. alba* con pasturas en condiciones de pastoreo se han obtenido producciones de biomasa aceptables que no son comparables con las obtenidas en sistemas intensivos de cultivos puros. En este sentido, la producción de biomasa de morera en asociación con leguminosas rastreras varía entre 8 y 9 t ha⁻¹ año⁻¹. Las características nutricionales, de producción de biomasa, versatilidad agronómica, palatabilidad, tolerancia a la sequía y disponibilidad mundial que posee la morera, en comparación con otros forrajes utilizados tradicionalmente, hacen de esta planta una opción importante para la intensificación de los sistemas ganaderos.

3.10 Rendimiento de morera en función de la fertilización

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⁻¹ año⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente (International Fertilizer Industry Associatio IFA, 1992) en suelos de origen volcánico. Rodríguez *et. al.*, (1994) han aplicado dosis de cero, 40 y 80 kg de N ha⁻¹ corte⁻¹ 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, emplearon niveles de fertilización nitrogenada de cero a 480 kg ha⁻¹ año⁻¹, durante tres años, logrando rendimientos medios de 19 a 30 toneladas de materia seca por ha⁻¹ año⁻¹. La morera ha mostrado en

condiciones tropicales altos rendimientos de materia seca a través de los ciclos anuales de producción (Ortiz, 2018).

Un estudio realizado por Boschini *et al.*, (2006). demuestra que:

Los 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 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. 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.

3.11 Rendimiento de morera en función de la frecuencia de poda

Boschini *et al.*, (2006) nos explican que:

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.

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. (Boschini *et al.*, 2006)

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. (Boschini *et al.*, 2006).

3.12 Fertilizantes orgánicos

La utilización de biofertilizantes preparados a base residuos orgánicos de la producción agrícola y animal, minerales y agua favorecen el crecimiento vegetal, (Restrepo, 2001). La importancia de la utilización de fertilizantes orgánicos radica en sus efectos económicos, ambientales y nutricionales en el suelo y las plantas.

3.12.1 Biol

Es un fertilizante orgánico con proceso de fermentación anaeróbico, es decir, se produce en ausencia de oxígeno; ello significa que el aceptor final de los electrones producido en la glucólisis no es el oxígeno, sino un compuesto orgánico obteniendo beneficios funcionales por la reducción de los gases causantes del efecto invernadero. (Aguilar & Botero, 2006). Como producto residual de la biodigestión se obtiene un efluente líquido (biol) y sólido (biosol) que pueden ser aplicados al suelo o a la planta.

3.12.2 Lactobacillus

El suero de lactobacilos, obtenido por la oxidación completa de un sustrato (proceso aeróbico), es un activador de la vida microscópica del suelo que además estimula el desarrollo de los microorganismos activos beneficiosos, ayudando a mantener las raíces de las plantas sanas, vigorosas y bien nutridas.

Este compuesto a su vez, transforma esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Las bacterias ácido lácticas, tienen la habilidad de suprimir enfermedades, incluyendo microorganismos como *Fusarium*, que aparecen en cultivos continuos y en circunstancias normales, debilitan las plantas, exponen a enfermedades y a poblaciones grandes de plagas como los nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nemátodos, controla la propagación y dispersión de *Fusarium*; gracias a ello, induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos.

La aplicación de lactobacilos al suelo estimula el sistema inmunitario de las plantas, aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo, mejora el aprovechamiento de los fertilizantes, evita la proliferación de hongos dañinos y contribuye a acondicionar suelos enfermos y compactados.

Pulverizados sobre las plantas, estimulan su crecimiento a la vez que se regeneran los microorganismos que viven en la filosfera (superficie de las hojas, tallos y flores) y en la rizosfera (la parte del suelo alrededor de las raíces). Aplicados en el agua de riego, contribuyen a mejorar la salud del suelo, descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en Managua, Nicaragua ($12^{\circ} 08' 15''$ latitud Norte y $86^{\circ} 09' 36''$ longitud Oeste). La Finca Santa Rosa se encuentra a una altitud de 63 m.s.n.m. comprendida en la zona de vida Bosque Tropical seco. La precipitación media anual es de 1,120 mm, la temperatura media anual es de 27°C , la humedad relativa promedio anual es de 75 %, la dirección predominante de los vientos es del norte y noreste. (INETER, 2021).

4.2 Diseño metodológico

El estudio se realizó durante el período comprendido de septiembre a noviembre del año 2021 en un banco forrajero de morera (*Morus Alba*), establecido en un suelo tipo Mollisol de la sub orden aquolls. (Mapa de sub ordenes de suelo de MARENA)

Se estableció un experimento en diseño de parcelas divididas con estructuras de parcelas principales en bloques completamente al azar con sub-muestreo, con 3 repeticiones. El factor A, fertilizante como parcela principal incluyó a_1) fertilizante inorgánico, a_2) fertilizante orgánico Biol y a_3) fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. El factor B, frecuencia de corte como subparcela incluyó b_1) corte a las 6 semanas, b_2) corte a las 12 semanas. Las parcelas principales consistieron de 56 plantas con 0.30 m de distancia entre plantas y 0.80 m de distancia entre hileras, cada parcela fue separada entre sí por con cuatro hileras de plantas. La combinación de los factores antes mencionados da como resultado un total de seis tratamientos. Cada tratamiento contenía 28 plantas para un total de 504.

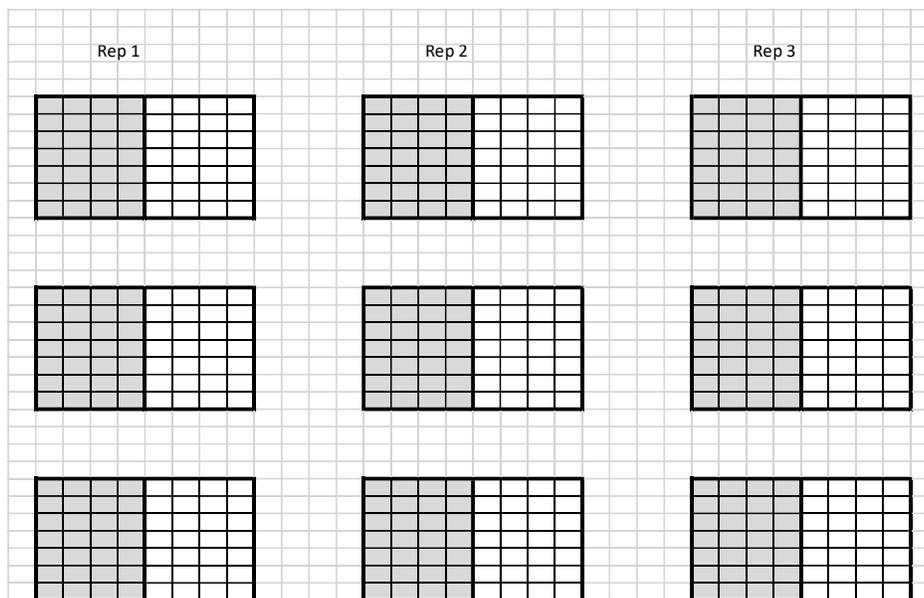


Figura 1 Plano del área de estudio.

4.3 Características y manejo de banco forrajero

Al momento de montar el ensayo el banco forrajero ya tenía dos años establecido y se realizó de la siguiente manera; el área se despejó y se deshierbo siendo este adecuado para la siembra de la materia vegetativa lo cual este se reprodujo por estacas con 30 cm de diámetro seleccionadas cuidadosamente para asegurar el patrón de germinación, dándole una densidad de 41,625 plantas ha^{-1} (0.30 m entre plantas y 0.80 m entre hileras). Anteriormente se realizaba manejo agro técnico en el banco, entre ellas se realizó control de malezas, implementación de láminas de riego durante el verano y podas para alimentación de ganado.

Se determinó un área de un banco forrajero de *M. alba*, realizando mediciones para dividir las equitativamente, al inicio del experimento, se realizó un corte de uniformidad en forma de bisel a todas las plantas del banco a 0.4 m de altura medido desde la base del suelo. Durante el experimento, se realizó cortes a las 6 semanas (dos cortes sucesivos) y las 12 semanas (un corte) con tijeras de podar.

El ensayo se montó con una parcela principal, misma que se dividió en nueve subparcelas con 56 plantas cada una, ordenadas en siete filas de plantas, esta tuvo una separación por mitad para evaluar los niveles de corte, también se tomó en cuenta el efecto borde con cuatro filas de planta entre parcelas, ocupando un total de 504 plantas muestreadas individualmente.

Los fertilizantes usados para el experimento fueron: a) fertilizante orgánico Biol, b) fertilizante orgánico de suero de lactobacilos, y c) fertilizante inorgánico. Los fertilizantes orgánicos fueron formulados y elaborados de la siguiente forma:

El fertilizante orgánico Biol se formuló con base a los siguientes ingredientes: 55 kg de estiércol de bovino, cuatro litros de leche de vaca, 1 kg de harina de roca, 1 kg de ceniza de leña, dos litros de melaza y 150 litros de agua. Los ingredientes fueron depositados en un biodigestor plástico de 220 l y mezclados con una pala de madera previo al sellado hermético del mismo. La tapa del biodigestor consta de una válvula o trampa de aire que permite la salida de gases producto de la fermentación de la mezcla, pero evita la entrada de aire. El tiempo de fermentación del Biol fue de 30 días. Para eliminar el material sólido del producto fermentado, éste se filtró con tela y con el producto final se utilizó una dilución de 1 l de Biol en 20 l de agua.

El fertilizante orgánico de suero de lactobacilos se formuló con base a los siguientes ingredientes: 0.45 kg de arroz, 0.10 kg de semolina, cuatro litros de agua destilada, dos litros de leche entera de vaca, 300 g de azúcar morena. El arroz se mezcló con el agua a temperatura ambiente en un recipiente durante tres días con el objetivo de disolver el almidón. El arroz se retiró de la mezcla usando tela de algodón, y la solución obtenida se cubrió con una tela fina y se agregó semolina, dejándolo reposar la solución obtenida a temperatura ambiente en un sitio sombreado. El inóculo formado en la mezcla se separó usando una malla y se diluyó en una relación de una parte de inóculo en 10 partes de leche entera, manteniendo la nueva mezcla en refrigeración durante siete días. El suero producido durante el proceso anterior constituyó el cultivo madre a utilizar. Se elaboró una mezcla con 20 ml de cultivo madre, la azúcar morena y el agua destilada, cuya combinación se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente. El compuesto final se diluyó en 10 l de agua.

El fertilizante inorgánico usado corresponde a la fórmula 12-30-10 (N-P-K), aplicando una cantidad equivalente a 129.5 kg ha⁻¹ (2 qq manzana⁻¹). El fertilizante se diluyó en agua durante 24 horas antes de su aplicación.

Todos los fertilizantes se aplicaron directamente al suelo cerca del tallo de cada planta utilizando una cantidad equivalente a 50 ml de solución al inicio del período experimental y continuó semanalmente.

Se realizó riego por método de aspersión o pivote, aplicando una lámina de riego dos veces por semana. Utilizando cañones de riego de la marca Big Gun serie 100, con una capacidad de 300 gpm (galones por minuto) y una presión de 110 PSI (Libras de fuerza por pulgada cuadrada).

4.4 Variables evaluadas

Las variables evaluadas se clasificaron y agruparon en rendimiento de biomasa, capacidad de rebrote y rasgos foliares.

4.4.1 Rendimiento de biomasa

Biomasa comestible (g planta⁻¹)

Es la biomasa cosechada de cada planta por encima de 0.4 m constituida por hojas, pecíolos y tallos con diámetro < 5 mm. El material cosechado se depositó en bolsas plásticas debidamente identificadas, posteriormente se colocaron sobre papel durante un día para eliminar el exceso de humedad. Pasado el tiempo, el material se colocó en bolsas de papel debidamente identificadas y se procedió al secado en horno a 65 °C por 72 horas para determinar el peso con una balanza analítica.

Biomasa no comestible (g planta⁻¹)

Es la biomasa cosechada de cada planta por encima de 0.4 m constituida por tallos con diámetro > 5 mm. El material cosechado se depositó en bolsas plásticas debidamente identificadas, posteriormente se colocaron sobre papel durante un día para eliminar el exceso de humedad. El material se depositó en bolsas de papel debidamente identificadas y se procedió al secado en horno a 65 °C por 72 horas para determinar el peso con una balanza analítica.

Biomasa total (g planta⁻¹)

Es el total de la biomasa comestible y no comestible cosechada de cada planta por encima de 0.4 m.

4.4.2 Capacidad de rebrote

Número de rebrotes apicales planta⁻¹

Es el número de brotes presentes por encima de 0.4 m, medido desde la base del tallo. El conteo se realizó antes de cada corte en cada una de las plantas.

Número de rebrotes basales planta⁻¹

Es el número de brotes presentes medidos desde la base del tallo hasta 0.4 m. El conteo se realizó antes de cada corte en cada una de las plantas.

Número total de rebrotes planta⁻¹

Es el número total de rebrotes apicales y basales de cada una de las plantas.

4.4.3 Rasgos foliares

Biomasa foliar (g hoja⁻¹)

Es la biomasa seca de cada hoja sin incluir el pecíolo. Al momento de la cosecha final (12 semanas), se extrajeron aleatoriamente cinco hojas de plantas individuales por cada combinación de tratamientos, luego fueron colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas y se procedió al secado en horno a 65 °C por 72 horas para determinar el peso con una balanza analítica.

Área foliar (cm²)

Es el área de la superficie de una hoja o lámina individual. La medición del área se llevó a cabo utilizando la aplicación móvil Petiole en las mismas hojas seleccionadas para la estimación de la biomasa foliar.

Área foliar específica (cm²g⁻¹)

El área foliar específica es una variable que relaciona el área foliar y la biomasa de la misma.

4.5 Análisis de datos

Para evaluar el efecto de los tipos de fertilizantes y las frecuencias de corte en cada una de las variables de rendimiento de biomasa, capacidad de rebrote y rasgos foliares en *M. alba* se utilizó los modelos lineales mixtos y modelos lineales mixtos generalizados, donde los factores de efectos fijos son los fertilizantes y frecuencias de corte, y los factores de efectos aleatorios son los bloques, las parcelas, las subparcelas y las mediciones repetidas (submuestras). Después del ajuste de cada modelo, se realizó el análisis de residuales para detectar violaciones a los supuestos de homocedasticidad y normalidad por medio de inspección visual de gráficos. Así, se utilizó modelos lineales mixtos para biomasa comestible y biomasa total (usando una estructura de función de varianza que permitiera diferentes varianzas por estrato) y biomasa foliar y modelos lineales mixtos robustos para área foliar y área foliar específica. Se utilizó

modelos lineales mixtos alterados por ceros con una función de error Gamma para biomasa no comestible y modelos lineales mixtos generalizados para número de rebrotes basales (con función de error Poisson), número de rebrotes apicales y número total de rebrotes (con función de error Binomial Negativo).

Se realizaron comparaciones múltiples usando la Prueba de Tukey. Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico R (R Core Team, 2022).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Rendimiento de biomasa

5.1.1 Biomasa comestible

Se encontró diferencia significativa en la acumulación de biomasa comestible entre las frecuencias de corte; presentando la mayor acumulación de biomasa con la menor frecuencia de corte (12 semanas) ($P = 0.001$) (Figura 1a). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en la biomasa comestible usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 2).

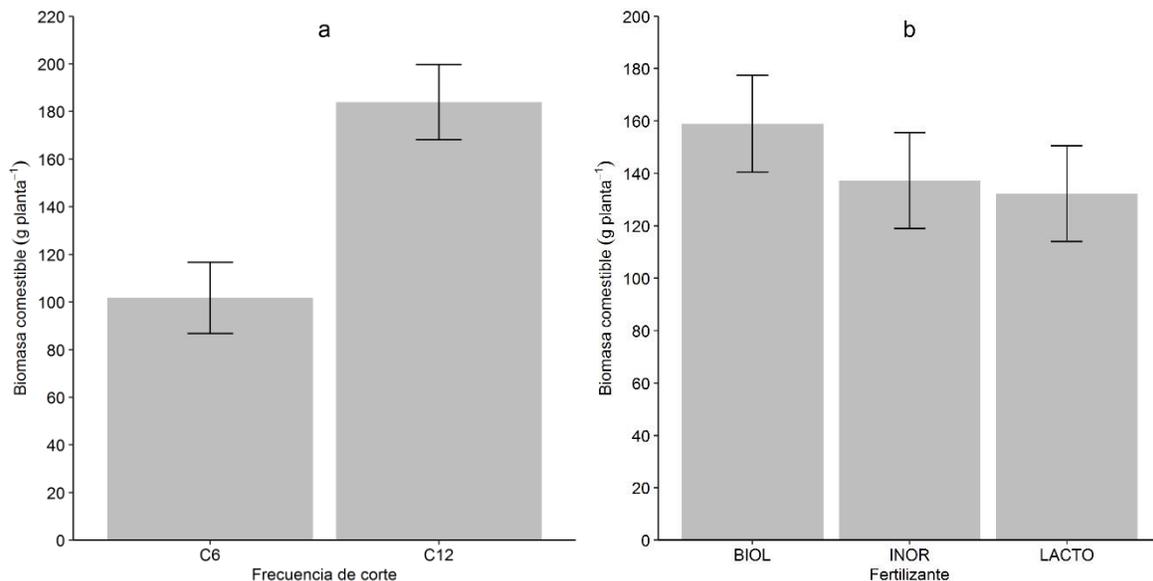


Figura 2 Biomasa comestible (g planta g⁻¹) de M. alba en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.

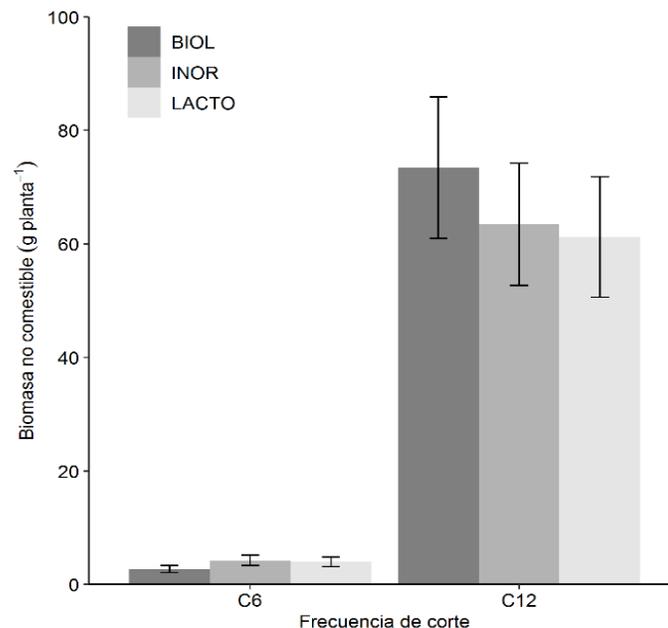
Un estudio realizado por Carlos Boschini, Herbert Dormond, Alvaro Castro. (1998) demuestra que el factor niveles de fertilización nitrogenada, como efecto principal, no mostró ninguna influencia importante ($P > 0.05$) sobre la producción de materia seca en la planta entera, en tallos y hojas. Existe coincidencia en ambos estudios puesto que no mostraron

influencia de los diferentes tipos de fertilizantes en la producción de biomasa comestible, (g planta^{-1})

También se encontró similitud en el estudio realizado por Rodríguez Tuz (2019), en relación a esta variable cuando determina que: “se observa que todas las variables de rendimiento evaluadas de *M. alba*, fueron afectadas principalmente por la frecuencia de cosecha” reafirmando el resultado obtenido en nuestra investigación. Y continúa exponiendo: “se aprecia que su producción se incrementa conforme aumenta el intervalo de cosecha a los 90 días” usando el mismo periodo de tiempo entre podas.

5.1.2 Biomasa no comestible

Las plantas sometidas a mayor frecuencia de corte presentaron menor porcentaje de biomasa no comestible en comparación con aquellas sometidas a menor frecuencia ($P < 0.0001$). Adicionalmente, el efecto de la frecuencia de corte sobre la acumulación biomasa no comestible está en dependencia del tipo de fertilizante (Figura 3) ($P < 0.05$).



*Figura 3 Biomasa no comestible (g planta g^{-1}) de *M. alba* en función de la frecuencia de corte y el tipo de fertilizante. C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.*

Según Ye, (2002), señala que el rendimiento de la morera es afectado por una serie de factores, de los cuales se destacan la densidad de siembra, la fertilización y la edad de la planta. No obstante, la mayoría de los resultados señalan que los factores que influyen marcadamente en el rendimiento de la morera son la densidad de siembra, la fertilización y la frecuencia de corte.

Efectivamente, la frecuencia de corte es inversamente proporcional a la cantidad de biomasa no comestible que acumula la planta.

5.1.3 Biomasa total

Se encontró diferencia significativa en la acumulación de biomasa total entre las frecuencias de corte; presentando la mayor acumulación de biomasa con la menor frecuencia (12 semanas) ($P = 0.0001$) (Figura 3a). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en la biomasa total usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 4).

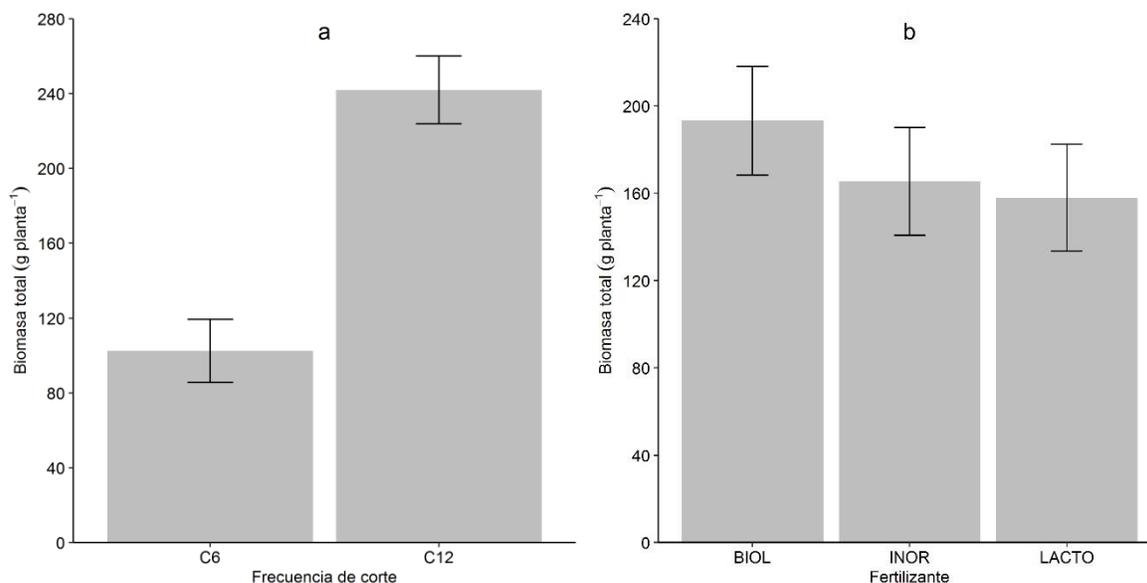


Figura 4 Biomasa total (g planta⁻¹) de *M. alba* en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.

Estudios realizados por Boschini *et al.*, (2006) demostraron que los niveles de nitrógeno aplicados al suelo no obtuvieron 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.

En otros estudios, Rodríguez Tuz, (2019) se asevera que: “Estas variaciones en la producción se debe a que a intervalos más espaciados entre cortes las plantas disponen de mayor tiempo para reponer biomasa, lo que pudiese estar relacionado, en gran medida, con lo expresado” por Stür *et al.* (1994), quienes señalan que en el crecimiento de la planta, primero ocurre un rebrote lento debido a la poca cantidad de área foliar, esta es seguida por un período de máxima productividad, en el cual la producción de hojas aumenta marcadamente, y una fase donde la planta presenta incrementos en la altura y aumenta la producción de biomasa leñosa; mientras que la cantidad de hojas permanece estable o con pequeños incrementos.”

Se puede observar la coincidencia con nuestra investigación en esta aseveración en lo referido a la frecuencia de corte y con Boschini en cuanto a que los fertilizantes no tenían efectos significativos en la acumulación de biomasa.

5.2 Capacidad de rebrote

5.2.1 Número de rebrotes apicales

Adicionalmente, se encontró diferencia significativa en el número de rebrotes apicales entre las frecuencias de corte; siendo la mayor frecuencia la que presentó el mayor número ($P < 0.0001$) (Figura 4a). No obstante, no se encontró diferencia significativa en el número de rebrotes apicales usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 5).

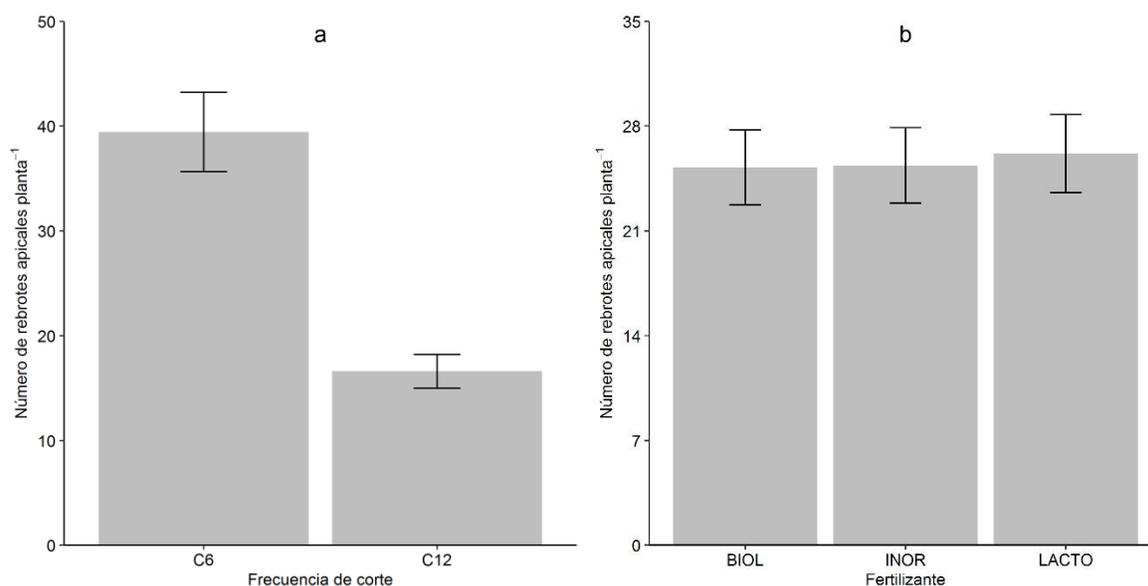


Figura 5 Número de rebrotes apicales planta⁻¹ de *M. alba* en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.

Boschini *et al.*, (2006) también nos explican que en las dos primeras frecuencias de corte en 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.

En el estudio de Munguía y Moreno (2010) se expone: Como se puede apreciar las variables evaluadas para estimar la producción de biomasa comestible presentaron la misma tendencia, a menor frecuencia mayor longitud de rebrote y, en consecuencia, un mayor rendimiento de materia seca.

El experimento mostró que la capacidad de rebrotes apicales se ve afectada por la frecuencia del corte y no por el tipo de fertilizante utilizado, lo que coincide tanto con el estudio de Boschini *et al.*, (2006), así como el de Munguía y Moreno (2010).

5.2.2 Número de rebrotes basales

Similarmente a lo anterior, se encontró diferencia significativa en el número de rebrotes basales entre las frecuencias de corte; siendo la mayor frecuencia de corte la que presentó el mayor número de rebrotes ($P < 0.0001$) (Figura 6). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en el número de rebrotes basales usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 5b).

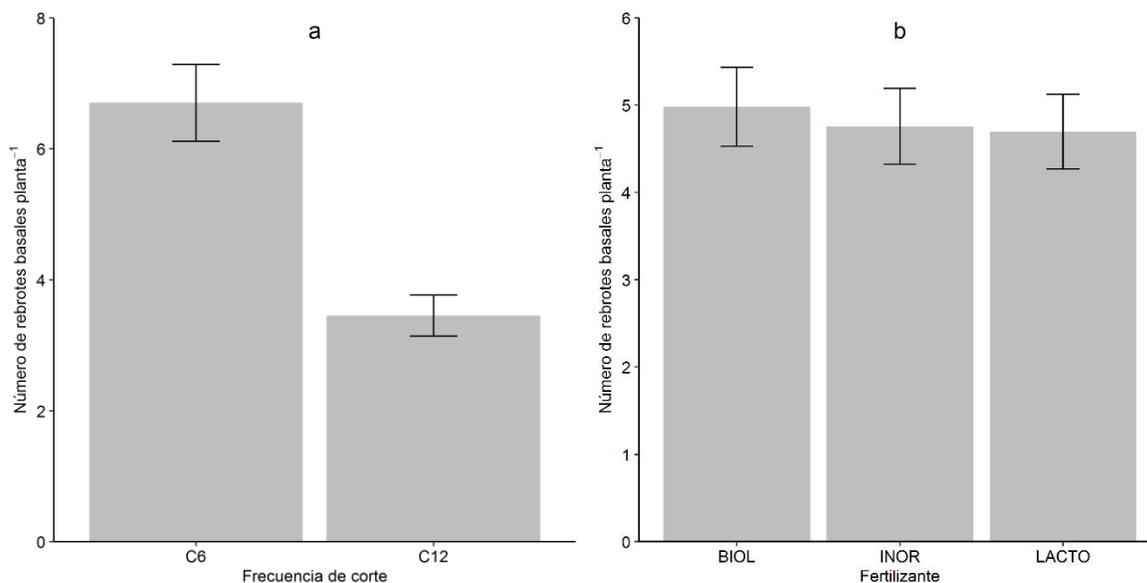


Figura 6 *Número de rebrotes basales planta⁻¹ de M. alba en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.*

Boschini *et al.*, (2006) en estudio realizado estimó que “la producción de tallo alcanzó a los 98 días de rebrote, en ese momento la relación hoja: tallo fue igual a uno”.

Se obtuvo el mismo efecto que en el estudio realizado por Boschini *et al.*, (2006), en cuanto a que el comportamiento productivo en la capacidad de rebrotes basales se ve afectado por la frecuencia del corte. Mostrando una mayor cantidad de rebrotes basales el de mayor frecuencia. Sin tener cambios significativos el uso de diferentes tipos de fertilizantes.

5.2.3 Número total de rebrotes

Asimismo, se encontró diferencia significativa en el número de rebrotes totales entre las frecuencias de corte; siendo la de mayor frecuencia de corte la que presentó el mayor número de rebrotes ($P < 0.0001$) (Figura 6a). Contrariamente, no se encontró diferencia significativa en el número de rebrotes totales usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 7).

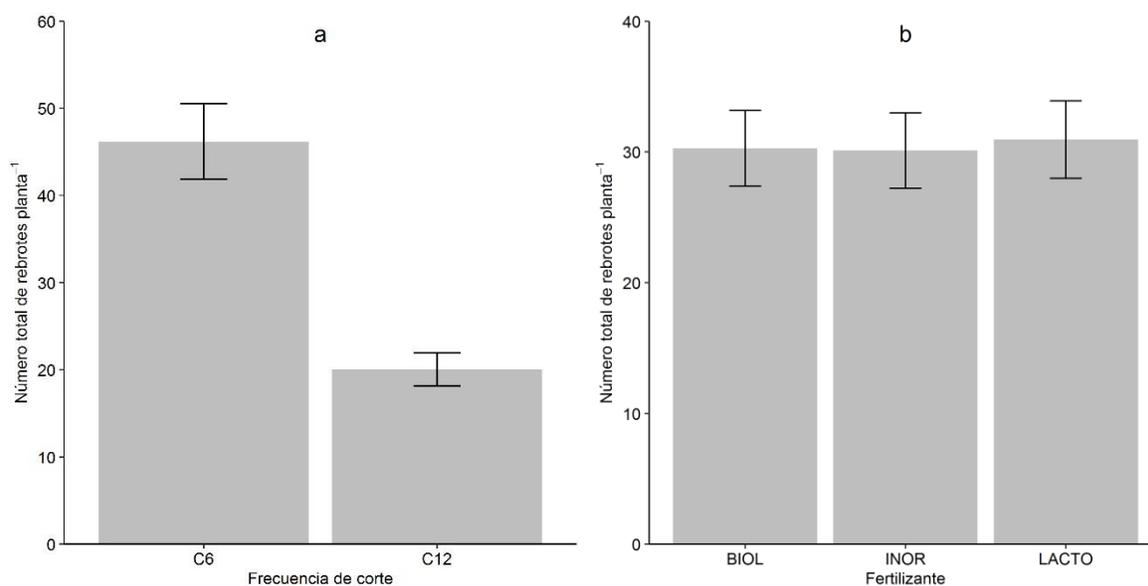


Figura 7 *Número total de rebrotes planta⁻¹ de M. alba en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.*

Se coincide respecto a que, al aumentar la cantidad de cortes se aumenta la producción de rebrotes en la planta sin verse afectado por el tipo de fertilizante.

5.3 Rasgos foliares

5.3.1 Biomasa foliar

Por otra parte, se encontró diferencia significativa en la biomasa foliar entre las frecuencias de corte; presentando la mayor biomasa aquellas plantas sometidas a una frecuencia de corte de 12 semanas ($P < 0.0001$) (Figura 7a). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en la biomasa foliar usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 8).

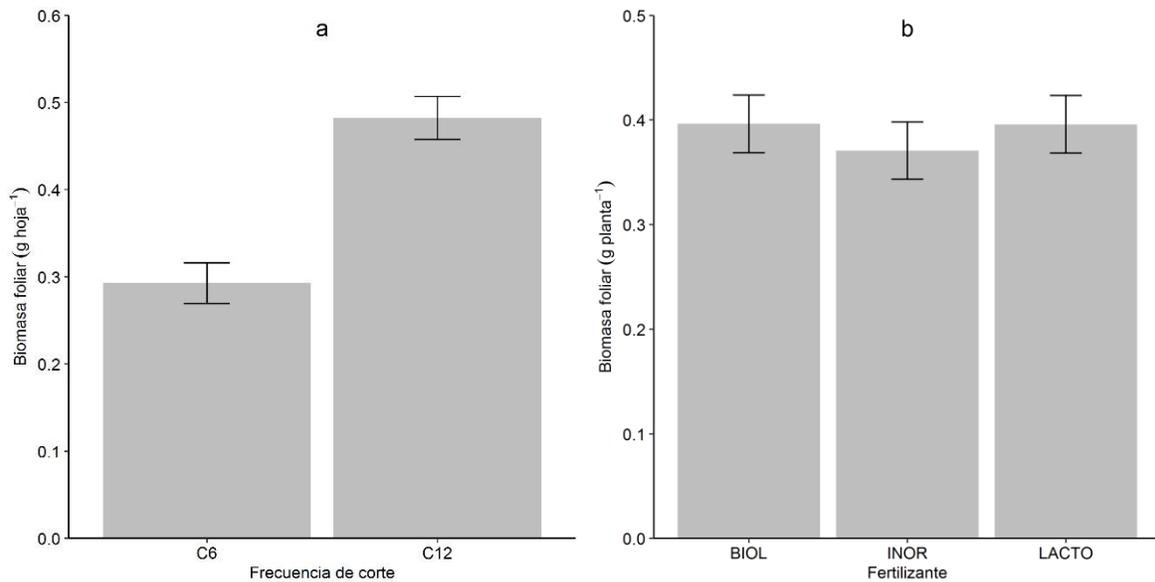


Figura 8 Biomasa foliar (g planta⁻¹) de *M. alba* en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.

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 de biomasa. 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. (Boschini *et al.*, 2006).

Nuevamente, se coincide con el estudio de Boschini *et al.*, (2006) que nos hace referencia a los fertilizantes, pero en este estudio se determina que no hay incidencia relevante en el uso de los mismos.

5.3.2 Área foliar

Además, se encontró diferencia significativa en el área foliar entre las frecuencias de corte; presentando la mayor área aquellas plantas sometidas a una frecuencia de corte de 12 semanas ($P < 0.0001$) (Figura 8a). Por el contrario, no se encontró diferencia significativa en el área foliar usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 9).

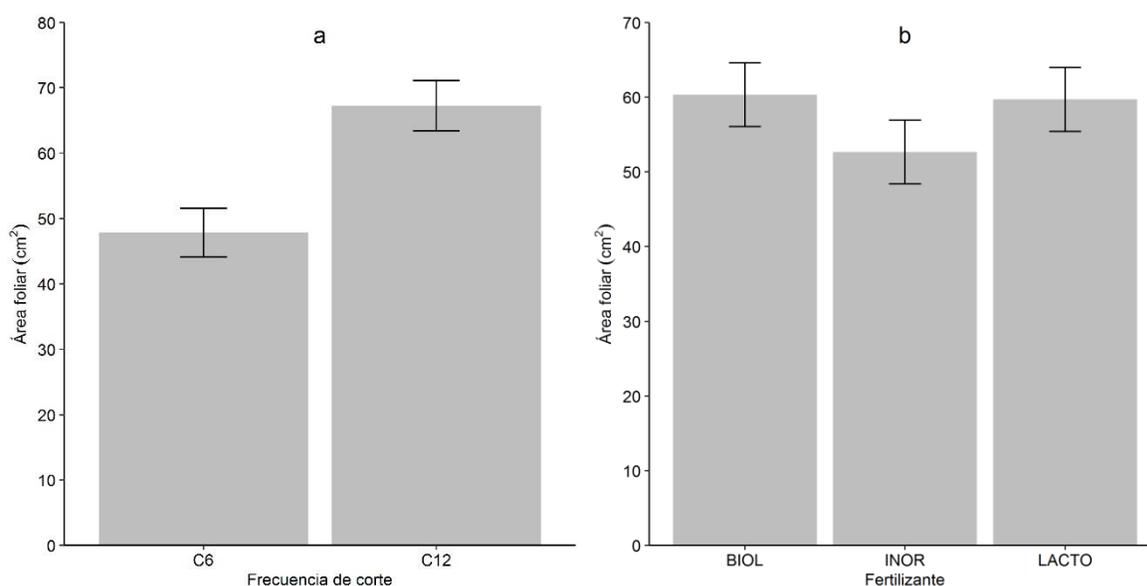


Figura 9 Área foliar (cm²) de *M. alba* en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.

Según Rodríguez Tuz (2019) Estas variaciones en la producción se debe a que a intervalos más espaciados entre cortes las plantas disponen de mayor tiempo para reponer biomasa, lo que pudiese estar relacionado, en gran medida, con lo expresado por Stür *et al.* (1994), quienes señalan que, en el crecimiento de la planta, primero ocurre un rebrote lento debido a la poca cantidad de área foliar.

El área foliar, en este caso, está relacionada con la frecuencia de corte, entre más distante se realice el corte el área foliar aumenta. No se mostró influencia bajo el uso de diferentes fertilizantes.

5.3.3 Área foliar específica

Por su parte, se encontró diferencia significativa en el área foliar específica entre las frecuencias de corte; presentando los valores más altos aquellas plantas sometidas a una frecuencia de corte de 6 semanas ($P < 0.0001$) (Figura 10). De otro modo, no se encontró diferencia significativa en el área foliar usando los diferentes fertilizantes ($P > 0.05$) (Figura 10).

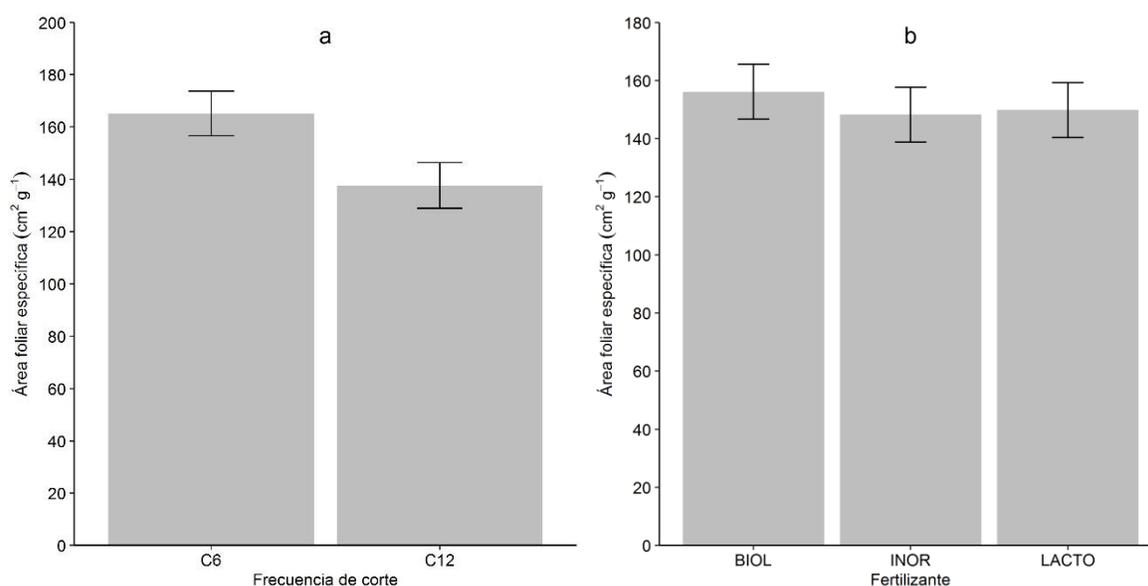


Figura 10 Área foliar específica (cm² g⁻¹) de *M. alba* en función de la frecuencia de corte (a) y el tipo de fertilizante (b). C6: corte a las 6 semanas, C12: corte a las 12 semanas, BIOL: fertilizante orgánico Biol, INOR: fertilizante inorgánico, LACTO: fertilizante orgánico de suero de lactobacilos. Las barras representan el error estándar 5 %.

A diferencia de la variable anterior, el área foliar específica aumenta cuando aumenta la frecuencia de corte. El uso de distintos fertilizantes no tiene incidencia en esta variable.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados señalan que la frecuencia de corte influye determinadamente en el rendimiento de biomasa de *Morus alba* L. Sin embargo, el efecto de la frecuencia de corte sobre la acumulación de biomasa no comestible está en dependencia del tipo de fertilizantes.

La capacidad de rebrote está en dependencia de las frecuencias de corte, donde el mayor número de rebrotes (apicales, basales y totales) se obtuvo con la mayor frecuencia de corte.

Los rasgos foliares de *Morus alba* L. estuvieron condicionados a las frecuencias de corte indicando una más rápida producción de biomasa con las plantas cortadas más frecuentemente.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, F, Botero, R. (2006). *Los beneficios económicos totales de la producción de biogás utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo*. Informe Earth
- Benavides, J. (1995). *Manejo y utilización de la morera (Morus alba L) como alimentación del ganado*. Estación Experimental de Pastos y Forraje. **Revista Scielo**
- Benavides, J. (1999). *Utilización de la morera en sistemas de producción animal. Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Estudio FAO producción y Sanidad Animal. Pp. 279-283.
- 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*. Universidad de San Carlos.
- Boschini C, Dormond H., Castro A. (1998) Respuesta de la morera (Morus alba) a la fertilización nitrogenada, densidades de siembra y a la defoliación. Agronomía Mesoamericana. <https://doi.org/10.15517/am.v10i2.17460>**
- Boschini, C., Dormond-H. y Castro A. (2006). *Respuesta de la morera (Morus alba) a la fertilización nitrogenada, densidades de siembra y defoliación*. *Agronomía Mesoamericana*, 10 (2), 7–16.
- Boschini, C., & Chacon, P. (2014). *Bancos Forrajeros de Morus alba (Morera): Una Práctica Silvopastoril en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica
- Boschini, C., Dormond, H., Castro, C. (1998). Producción de biomasa de morera (Morus alba) en la Meseta Central de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. Culture. Agroveter Market. Pp 47: 28-29.**
- Elizondo S, Jorge A (2007). *Producción y calidad de la biomasa de morera (Morus alba) fertilizada con diferentes abonos*. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 18, núm. 2. pp. 255-261

Ecologic Maintenances (2012). *Microorganismos efectivos EM en la Agricultura*. Yucatán, México. Revista Scielo

Espinosa, E, Benavides, J. (1998). *Efecto del sitio y la fertilización nitrogenada*. Revista Scielo

FAO (1990). *Sericulture training manual*. FAO Agricultural Services Bulletin 80, Rome.

Herrero, M. & Gil, S. (2008). *Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal*. Asociación Argentina de Ecología.

Labrador, J. (1996). *La materia orgánica en los agroecosistemas*. 1 ed. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Mundi-Prensa.

Lam, F. (2016). *Establecimiento y uso de Sistemas Silvopastoriles en República Dominicana*. Informe Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
<https://www.biopasos.com/documentos/086.pdf>

Lira S. (1994). *Fisiología Vegetal*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Milera, M, Martín G y Ojeda F. (2003). *Resultados preliminares del forraje de Morus alba en la alimentación de vacas lecheras*. Revista Redalyc.

Munguía, M., Moreno, J. (2010) *Producción y composición química de la morena (Morus Sp), a diferentes frecuencias de corte, Rancho Ebenezer, Masaya, Nicaragua*. Tesis para optar a título de graduado. Universidad Nacional Agraria, FACA, SIPA. Pp. 19.

Ortiz, W. J. G. (2018). *Evaluación técnica de un banco forrajero con la especie morus alba (morera) para la alimentación animal*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD CEAD – ACACIAS

Orozco, E; Sánchez, W (2009). *Estrategias de Manejo y Suplementación para el Ganado Bovino durante la Época Seca*. MAG/INTA. 24 p

Pezo, D. Ibrahim, M. (1998). *Sistemas Silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 258 p.

Restrepo, J. (1998). *La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados, aportes y recomendaciones*. Revista colección Agricultura orgánica para principiantes, Nicaragua.

- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Manual. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
- 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*. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico No 236.
- Rodríguez, J. F., (2019). *Rendimiento, composición química y producción de gas in vitro de Morus Alba en el Trópico*. Tesis para optar al título de Maestro en Ciencias en Producción Pecuaria Tropical. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Conkal. Pp.44-47.
- Sánchez, MD. (2002). *Mulberry: and exceptional forage available almost worldwide*. División. FAO. Roma.
- Sierra, M. (2006). *Alimentación con morera (Morus alba)*. Foros de Cunicultura.
- Talamucci, P, Pardini, A y Argenti, G. (2002). *Effects of grazing animals and cutting on the production and intake of a Mulberry-subterranean clover association*. Universidad de Florencia, Italia.
- Toral, O; Simón, L y Matías, Y (2001). *Caracterización de la morera en condiciones arboretum. II Taller Internacional de morera (Morus alba L.)*. Revista Scielo.
- Vandevivere, P. y Ramírez, C. (1995) *Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos*. Informe SIIDCA
- Velásquez, M; Gutiérrez, M; Aries, R y Rodríguez, C. (1992). *El forraje de morera (Morus alba sp.) como suplemento en dietas de ensilado de sorgo*. En: *Árboles y Arbustos Tropicales en América Central*. Ergomix
- Vilma A., Holguín y Muhammad I. (2005). *Bancos forrajeros de especies leñosas*. Proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Pp 2-3

Ye, Z. 2002. *Factor que influye en el rendimiento de la hoja de morera. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Roma. Páginas. 123-130*

Zepeda, J. (1991). *El árbol de oro. Los mil usos de la morera. Medio Ambiente*

VIII. ANEXOS



Anexo 1 Parcelas experimentales.



Anexo 2 Desarrollo de plantas.



Anexo 3 Ceba madre de fertilizante orgánico Lacto.



Anexo 4 Fertilizante orgánico Biol.



Anexo 5 Fertilización de plantas evaluadas.



Anexo 6 Manejo de parcela y subparcelas.



Anexo 7 Conteo de rebrotes.



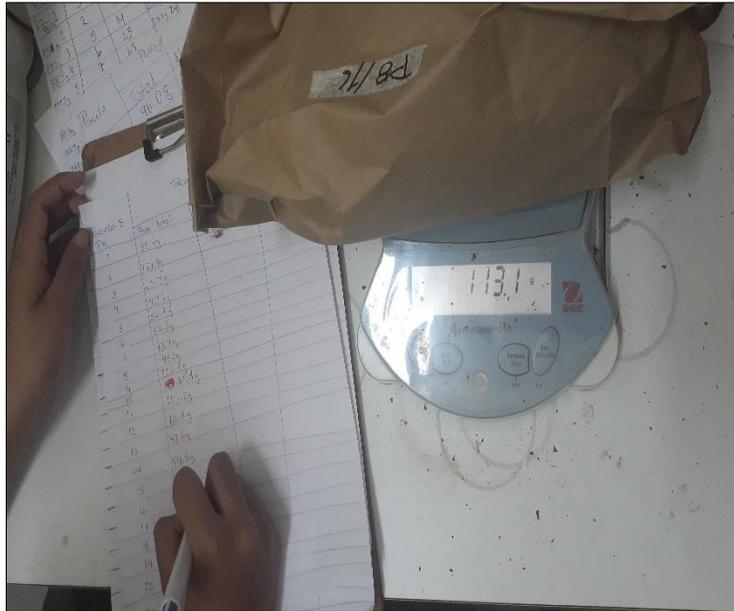
Anexo 8 Corte de plantas de *Morus Alba* seleccionadas.



Anexo 9 Secado temperatura ambiente.



Anexo 10 Secado en hornos industriales a °65 c.



Anexo 11 Pesaje de muestras.



Anexo 12 Selección de Biomasa comestible.