

**EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DE UN BANCO DE PROTEÍNA DE MORERA A
DIFERENTES FRECUENCIAS E INTENSIDADES DE CORTE**

PROYECTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO
TRABAJO DE INVESTIGACION

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

SANDRA LICET SANCHEZ CARDOZO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TUNJA

2022

**EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DE UN BANCO DE PROTEÍNA DE MORERA A
DIFERENTES FRECUENCIAS E INTENSIDADES DE CORTE**

SANDRA LICET SANCHEZ CARDOZO

COD: 201421152

DIRECTOR

CARLOS EDUARDO RODRÍGUEZ MOLANO

CODIRECTOR

NÉSTOR JULIAN PULIDO SUÁREZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TUNJA

2022

Tabla de Contenido

Introducción	7
Planteamiento del Problema	8
Objetivos.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
Justificación	10
Marco Teórico.....	11
Antecedentes	11
Morera	12
<i>Generalidades</i>	12
<i>Origen y Distribución</i>	13
<i>Especies y Variedades</i>	14
<i>Producción de Biomasa</i>	14
Podas.....	15
<i>Poda de Formación</i>	16
<i>Podas de Cosecha y Mantenimiento</i>	16
<i>Poda de Rejuvenecimiento o de Cepo</i>	16
Área Foliar	17
Producción de Proteína.....	17
Materiales y Métodos.....	19
Localización del Trabajo.....	19
Material Experimental	19
Descripción de los Tratamientos	20
Diseño Experimental	20
Manejo del Experimento.....	21
<i>Fertilización</i>	21
<i>Cosecha</i>	21
Análisis Composicional	22
<i>Porcentaje de Proteína</i>	22

Biomasa	23
Medición de área foliar	23
Análisis de la Información	24
<i>Representación de los Datos</i>	24
<i>Análisis Estadístico</i>	24
Resultados	26
Porcentaje de Proteína.....	26
Biomasa	30
Área foliar.....	33
Discusión	35
Conclusiones	40
Recomendaciones	42
Referencias Bibliográficas.....	43

Figuras

	Pág.
Figura 1. Banco de proteína de morera (<i>Morus alba</i>).	20
Figura 2. Morera (<i>Morus alba</i>).	21
Figura 3. Cosecha o poda de morera.	21
Figura 4. Rebrotos de <i>Morus alba</i> .	21
Figura 5. Follaje de <i>Morus alba</i> (tallos y hojas).	21
Figura 6. Pesaje de muestra de morera.	21
Figura 7. Procesamiento de imágenes en el software libre ImageJ.	24
Figura 8. Procesamiento de imágenes en el software libre ImageJ.	24
Figura 9. Procesamiento de imágenes en el software libre ImageJ.	24
Figura 10. Contenido en porcentaje de los indicadores bromatológicos de acuerdo al tipo de poda.	27
Figura 11. Contenido en porcentaje de los indicadores bromatológicos de acuerdo a la frecuencia de corte.	28
Figura 12. Contenido en porcentaje del extracto etéreo de acuerdo al tipo de poda.	29
Figura 13. Contenido en porcentaje del extracto etéreo de acuerdo a la frecuencia de corte.	29
Figura 14. Biomasa mensual en materia seca (kg) para de acuerdo al tipo de poda.	30
Figura 15. Biomasa mensual en materia seca (kg) de acuerdo a la frecuencia de corte.	31
Figura 16. Biomasa por planta en materia seca (kg) de acuerdo al tipo de poda.	32
Figura 17. Biomasa mensual por planta (kg) de acuerdo a la frecuencia de corte.	32
Figura 18. Área foliar (cm ²) obtenida para cada tipo de poda.	33

Tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación botánica de la especie <i>Morus alba</i> .	12
Tabla 2. Tratamientos elaborados en la experimentación.	19
Tabla 3. p-values obtenidos en el ANOVA o la prueba Kruskal-Wallis para todos los	33

Introducción

El uso de los árboles forrajeros, gracias a su versatilidad y naturaleza multipropósito, ofrece una serie de beneficios. De ellos se pueden obtener un gran número de subproductos comercializables (leña, madera, mieles, frutos). Además, facilitan el reciclaje de nutrientes y mejoran las características químicas, físicas y biológicas del suelo. Así que como los árboles forestales absorben dióxido de carbono para producir oxígeno, son útiles también para la conservación de suelo ya que por tener raíces profundas sostienen y amarran el suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario dar a conocer la importancia de la morera (*Morus alba*) y su aporte en proteínas a la alimentación animal, considerando su disponibilidad para poder ser aprovechada. No obstante, cabe resaltar que son pocos los estudios que se han realizado con esta planta, debido al poco conocimiento de sus beneficios en las áreas donde se desarrolla. Por lo tanto es de vital importancia investigarla y darla a conocer como una alternativa productiva y económica; para lo cual, en esta evaluación, se determinará el contenido de proteína y biomasa de la morera con cuatro tipos de poda, con el fin de apoyar a la sociedad y a productores dando a conocer su uso y propiedades, como una alternativa de alimento, disponible y cultivable ya que es un cultivo de gran versatilidad agronómica, representando así un excelente potencial para mejorar la calidad alimenticia de las dietas e incrementar la producción de los animales.

La utilización de árboles forrajeros como suplemento alimenticio es de gran importancia, ya que este recurso puede producirse en la misma finca. Además, puede sustituir en diferentes medidas a otras fuentes de suplementación como son los concentrados; las harinas de algodón, soya y pescado; los afrechos y las puliduras que se encuentran disponibles en el mercado, pero difícilmente al alcance de los pequeños y medianos productores.

Planteamiento del Problema

La alimentación, en cuanto a la utilización de concentrados, es uno de los costos de producción más notables en las explotaciones de animales. Viéndose perjudicado el productor por los precios en constante aumento de las materias primas como el maíz, soya, entre otros y la poca retribución a la hora de la venta del producto final.

Los forrajes suministrados son insuficientes, a causa de que no llenan los requerimientos nutricionales de los animales en sus diferentes estados fisiológicos. El mejoramiento genético de distintas especies de interés zootécnico, en el que también juega un papel importante la alimentación de calidad para la expresión fenotípica a mejorar. Por consiguiente es imprescindible la utilización de especies forrajeras de alto valor nutricional.

Siendo necesario la integración de una alimentación alternativa, como es el caso de la morera (*Morus alba*), debido a sus elevados niveles de proteína cruda alcanzando contenidos desde 11% PC, reportado por diversos autores (Boschini, 2000). Al igual que también aporta altos contenidos de minerales. Siendo una fuente alternativa económica, sustentable y palatable para los animales.

Sin embargo, es importante tener en cuenta las podas de esta planta para aprovechar la biomasa. Según Boschini (2000); García & Ojeda (2004) En algunos estudios agronómicos realizados en esta especie para determinar la influencia de la frecuencia de corte, se ha encontrado que existen diferencias entre los niveles más utilizados (60, 90 y 120 días) en cuanto a la producción de biomasa y su composición. Siendo preciso evaluar la biomasa de la morera según diferentes frecuencias e intensidades de corte, para establecer la periodicidad y modo de poda eficiente.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la biomasa de un banco de proteína de morera (*Morus alba*) a diferentes frecuencias e intensidades de corte.

Objetivos específicos

- Estimar la producción de biomasa de morera (*Morus alba*) a diferentes frecuencias e intensidades de corte.
- Determinar el contenido nutricional de la morera a diferentes frecuencias e intensidades de corte en el trópico alto colombiano.
- evaluar el área foliar a diferentes frecuencias e intensidades de corte en el trópico alto colombiano.

Justificación

En los últimos años los insumos y materiales utilizados para el consumo en la alimentación de ganado mayor y menor, han aumentado considerablemente de precio, por tal motivo se buscan alternativas para nutrir a dichos animales.

Considerando que en el occidente del país, la mayoría son pequeños productores, cuyos costos de producción son elevados, provocando pérdidas o bajas ganancias al comercializar sus productos, ya que éstos no alcanzan un precio justo. El uso del follaje para la alimentación de animales, es una práctica muy utilizada por los productores, ya que su uso en Colombia constituye la base de la producción ganadera, utilizándola como fuente principal de la alimentación.

Bajo las condiciones climáticas y edáficas favorables, resulta factible obtener altos rendimientos de biomasa de buena calidad, no obstante el conocimiento que el agricultor posee en cuanto al tipo de pasto forrajero a sembrar y el tipo de alimento que le puede proporcionar al animal, es empírico. Una de las especies utilizadas es el Pasto Napier o hierba de elefante (*Pennisetum purpureum*), Avena Común (*Avena sativa*), Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), Alfalfa (*Medicago sativa*), etc. La morera (*Morus alba*) como especie forrajera posee un alto valor nutricional.

Aunque el alto valor nutricional de la morera para las vacas lecheras ha sido reconocido desde hace tiempo en Italia y ha sido usada en forma tradicional en los países del Himalaya, la investigación de morera para la alimentación de animales en nuestro país, ha sido escasa. Basados en los altos valores de digestibilidad de sus hojas, se sugiere que la morera podría ser usada como suplemento en las dietas de forrajes de mejor calidad. La morera ha sido usada para reemplazar exitosamente los concentrados a base de granos en vacas lactantes.

Marco Teórico

Antecedentes

Según Benavides (1995). Para que un árbol o arbusto pueda ser calificado como forrajero debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En tal sentido los requisitos para tal calificación son: 1) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; 2) que el contenido de nutrimentos sea atractivo para la producción animal; 3) que sea tolerante a la poda y 4) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área.

El área donde se ha distribuido comprende continentes como Asia – Europa desde Corea a España incluyendo China, India, Asia Central y el Cercano Oriente, en África Oriental y Norte, y en América desde los Estados Unidos a Argentina, incluyendo México, América Central, Colombia y Brasil.

En los siglos XIX y XX se realizaron varias divisiones del género *Morus*, las que estuvieron fundamentalmente basadas en la presencia o ausencia de estilo en la flor, la protuberancia y vellosidad del estigma, la inflorescencia, la sorosis, la base del estilo bilobulado y la morfología de la hoja; principalmente la forma de la base (García *et al.*, 2003).

En algunos estudios agronómicos realizados en esta especie para determinar la influencia de la frecuencia de corte, se ha encontrado que existen diferencias entre los niveles más utilizados (60, 90 y 120 días) en cuanto a la producción de biomasa y su composición (Boschini 2000; García & Ojeda, 2004).

La investigación de la morera para uso en sericultura se ha llevado a cabo tradicionalmente en China y en la India. Con el mismo propósito, países europeos como Francia, Italia, Bulgaria y Polonia efectuaron trabajos de investigación desde inicios del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, cuando la producción de seda prácticamente desapareció.

Estudios recientes sobre morera para alimentación animal se han realizado en Japón, India, Tanzania, Kenia, Costa Rica, Colombia, Cuba, México, Guatemala y Brasil e incluyen aspectos agronómicos, modalidades de cosecha, conservación de forrajes y pruebas con animales (Sanchez 2000). En países con alta disponibilidad de mano de obra y en pequeña escala familiar, la cosecha del follaje se efecta por la recolección manual directa (Datta 2000).

Morera

Generalidades

La morera es un árbol o arbusto que tradicionalmente se utiliza para la alimentación del gusano de seda. Es una planta de porte bajo con hojas verde claro brillosas, venas prominentes blancuzcas por debajo y con la base asimétrica. Sus ramas son grises o gris amarillentas y sus frutos son de color morado o blanco, dulces y miden de 2 a 6 cm de largo (Benavides, 1995).

Este árbol puede ganar una altura hasta de 15 metros, presenta un tronco recto y corteza finamente rugosa; sus hojas alternas, aovadas, lisas, no rugosas, con el haz lúcido, glabro, o a veces, con algo de pilosidad en la axila de los nervios principales; margen fuertemente dentado o almenado. En un mismo árbol se observa un gran poliformismo de las hojas encontrándose desde hojas enteras, ovadas hasta profundamente lobuladas, redondeadas o anchamente cordadas en la base (Macaya, 2007).

El principal agente polinizador de la morera es el viento. La mayoría de las especies son diploides con 28 cromosomas; sin embargo, las triploides se cultivan también extensivamente por su adaptabilidad, crecimiento, vigor y calidad de las hojas descrito por (Machii *et al.*, 2000).

La sistematización (Tabla 1) de *M. alba* es un proceso dificultoso, debido a que las especies y variedades de morera son llamadas con diferentes nombres locales, lo que no ayuda al ordenamiento taxonómico y encarece la homogeneidad en la clasificación a nivel mundial (Cappelozza, 2002).

Tabla 1. *Clasificación botánica de la especie Morus alba.*

División	Spermatophyta
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledonea
Orden	Urticales
Familia	Moracaceae
Género	<i>Morus</i>
Especie	<i>Morus alba</i>

Fuente: (Cappelozza, 2002)

Recientemente, en la llave de clasificación taxonómica de *M. alba* se diferencia del resto de las especies del género *Morus* por presentar pistilos con estilos largos distintivos, protuberancia dentro del estigma, hojas pequeñas desprovistas de vellos, o con protuberancia en la etapa joven, venas en la superficie inferior y sorosis violácea obloide de 1 a 2,5 cm (Yongkang, 2002).

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 (puede extraer hasta el 50% de la fertilización que se le aplique); no obstante, se ha comprobado que responde bien a la fertilización orgánica y se han obtenido más de 50 toneladas de forraje verde comestible / ha al aplicar al suelo estiércol de cabra (Martín et al, 2000), particularmente es eficiente con el uso del nitrógeno (Benavides, 2000), tiene su crecimiento óptimo en topografías no muy inclinadas y con pH de 6.0. El crecimiento de esta especie en climas mediterráneos con cambios bruscos de temperatura ha sido satisfactorio, tolerando valores por debajo de 0 °C (Machado *et al.*, 1999)

Origen y Distribución

Según Kitahara, (2001), desde tiempos ancestrales los árboles de morera han crecido de forma individual y silvestre, y comenzó a sembrarse para la sericultura hace alrededor de

4500 años; de ahí se considera uno de los cultivos más antiguos del mundo. Según Cifuentes y Kee-Wook, (1998), el creciente interés por esta práctica ha propiciado el mayor movimiento de especies y variedades de morera por todos los continentes, se distribuye tanto en las zonas templadas como en las tropicales y subtropicales en una gran cantidad de regiones, predominantemente en el lejano oriente, sur de Europa, sur de Norteamérica, noroeste de Suramérica y parte de África.

Especies y Variedades

Según Machii, (2000), la morera, por sus condiciones naturales de distribución, posee un amplio germoplasma formado por una gran diversidad de especies y variedades que constituyen un valioso recurso genético. La sericultura ha sido la razón principal del impresionante proceso de selección y mejoramiento del género *Morus* a través del tiempo en los diferentes países, principalmente en Asia y Europa. La mayor diversidad de especies se concentra en Asia, especialmente en China y Japón. Por ello se ha producido una gran cantidad de variedades de excelente capacidad de producción de biomasa, excelente calidad y alta resistencia a las plagas y enfermedades, cultivadas y adecuadas para un amplio rango de condiciones de clima y suelo.

En el mundo se encuentran distribuidas aproximadamente 68 especies, las más importantes son *Morus alba*, *Morus nigra*, *Morus indica*, *Morus laevigata* y *Morus bombycis*. El proceso de selección y mejoramiento han generado un gran número de variedades de excelente producción de biomasa de alta calidad y resistentes a las plagas y enfermedades, cultivadas y adecuadas para un amplio rango de condiciones de clima y suelo (Rodriguez & Martinez, 2012).

Producción de Biomasa

Según Benavides, (1995), 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/año.

Podas

Esta es una de las prácticas más importantes de manejo del cultivo de la morera, porque de ella depende el que se obtenga buena producción tanto en calidad como en cantidad. La falta de poda periódica desencadena la aparición de enfermedades, especialmente la *Cercospora moris* sobre las hojas viejas las que posteriormente se constituyen en fuente de contagio para las hojas jóvenes (Rodríguez 1978).

Dependiendo de las características de cada finca, la primera cosecha se puede realizar entre el sexto y el octavo mes después de la siembra y posteriormente se puede cosechar cada tres meses. En el primer año la plantación de morera produce hasta un 35 % del rendimiento potencial, en el segundo año hasta un 65 % y a partir del tercer año alcanza y mantiene su máximo potencial de producción (Rodríguez 1978).

Se deben practicar tres tipos de poda, a saber, poda de formación, de cosecha y de rejuvenecimiento.

Poda de Formación

Es el corte que se le realiza por primera vez a la planta después de la siembra. Con esta poda se define la altura de la planta a la cual se deberán realizar las cosechas sucesivas. Con el paso del tiempo se da origen a la llamada “cabeza de producción” a partir de la cual se desarrollan los rebrotes. Se usan dos tipos de altura de acuerdo a si el método de cosecha es mecanizado o no. En cosecha no mecanizada o manual, la altura de corte es entre 0,25 y 0,5 m de la superficie del suelo (bajo fuste) y cuando es mecanizado la altura adecuada es de 0,8 a 1,2 m (alto fuste) (Rodríguez, 1978).

Podas de Cosecha y Mantenimiento

Una vez que la plantación se encuentra en su período activo de producción, después de haber realizado la poda de formación, las cosechas se pueden realizar cada tres meses. El corte se puede hacer con tijera o con cuchillo. Es muy recomendable que el corte sea lo más limpio” posible para evitar rasgaduras del tallo que puedan permitir la entrada de hongos y enfermedades. Cuando el corte se realiza con cuchillo éste debe estar bien afilado y se recomienda que el corte sea “hacia arriba” y en sentido contrario a la yema de manera que los tallos no se quiebren. Esto permite incrementar la cantidad de brotes por planta y la producción de hojas.

En caso de que posterior a la cosecha haya des uniformidad, principalmente en lo que se refiere a la altura de corte de cada rama de la planta, se procederá a realizar una poda de mantenimiento. Con esta poda se uniformiza el tamaño de las ramas recién cortadas, de manera que los tallos cortados queden lo más cerca de la base de los brotes, para dar lugar a la formación del puño o cabeza de crecimiento.

Poda de Rejuvenecimiento o de Cepo

Cuando la planta está vieja y producto de ello se ha deformado su puño o cabeza de crecimiento, se procede a realizar el corte de la planta a nivel del suelo para inducir la emergencia de un abundante número de rebrotes. Posteriormente, con los cortes sucesivos se irá formando nuevamente una nueva cabeza de crecimiento. La poda de rejuvenecimiento se realiza cada 3 a 4 años, para renovar la plantación (Rodríguez 1978).

Área Foliar

Es un parámetro muy importante en los estudios que se realizan para determinar la capacidad nutricional y de crecimiento vegetal, así como para determinar la materia seca, metabolismo de los carbohidratos, rendimiento y calidad de la cosecha (Penton *et al.*, 2006). La determinación del área foliar es una parte esencial de los análisis clásicos de crecimiento y resulta necesaria en muchos estudios fisiológicos (Sanoja, 1983); por lo que debe realizarse a través de procedimientos sencillos y rápidos. Existen diferentes métodos para la determinación del área foliar, entre los que se encuentran la planimetría y las ecuaciones y coeficientes. Cuando se trabaja con grandes poblaciones de plantas no individualizables, lo más conveniente es determinar el área foliar de las plantas utilizando una submuestra representativa de la población, sistema que también se puede aplicar en la determinación del área foliar de la copa de un árbol o arbusto, como la morera (Penton *et al.*, 2006).

La selección del tamaño de muestra depende del objetivo para el cual se realiza la medición y del nivel de precisión deseado en el trabajo. Dicho aspecto, sumado a la morfología de la hoja y las disponibilidades de tiempo y equipo, por parte del investigador, son aspectos relevantes en dicha selección. El área foliar puede ser medida con instrumentos sofisticados (planímetros ópticos) o simples y laboriosos, como el planímetro mecánico. Puede ser estimada por mediciones lineales o geométricas (Meza & Bautista, 1999).

Producción de Proteína

Desde el punto de vista cualitativo, la fracción proteica está compuesta por la Ribulosa1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa (RuBisCO) como proteína mayoritaria. Sin

embargo, otros autores señalan a las Prolaminas como un grupo importante de proteínas en las hojas (Singh & Makkar, 2002).

La morera posee una amplia variabilidad de características que están relacionadas directamente con la calidad agronómica del cultivo. Desde un punto de vista práctico no puede contemplarse este recurso como un ingrediente de características alimenticias, con un rango de variabilidad estándar tal y como presentan fuentes proteicas sujetas a manejo industrial postcosecha como el grano de soya. Diversos autores reportan contenidos desde 11% de proteína cruda (Boschini, 2000).

Los contenidos de proteína, energía y la digestibilidad reportada es superior a la encontrada en las gramíneas y leguminosas; inclusive superior a la alfalfa producida en áreas subtropicales (Boschini, 2001).

Otra característica importante en la morera, es su alto contenido de minerales, donde se reportan valores de cenizas de hasta 17% con contenidos normales de calcio entre 1,8 a 2,4% y de fósforo de 0,14 a 0,24%. Se ha encontrado valores de potasio entre 1,90 a 2,87% en las hojas y entre 1,33 a 1,53% en los tallos tiernos, y contenidos de magnesio de 0,47 a 0,64% en hojas y 0,26 a 0,35% en tallos tiernos (Espinoza, 1996).

Materiales y Métodos

Localización del Trabajo

El trabajo se realizó en un banco de proteína de *M. alba* de 4 años de establecido, ubicado en la finca la Sapera, en la vereda Centro Rural del municipio de Nuevo Colón (Boyacá), que pertenece a la provincia de Márquez, Ventaquemada y Rondón, su cabecera está localizada a los 05° 21' 30" de latitud norte y 73° 27' 38" longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 2.500 metros; tienen una temperatura media de 16°C. Está a una distancia de 34 Km de Tunja y de Santafé de Bogotá a 120 Km; con una población de 5.799 habitantes; el área municipal es de 51 Kmts².

El análisis bromatológico y de área foliar se realizó en el Laboratorio de Nutrición animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, ubicada en la ciudad de Tunja. La Ciudad de Tunja se encuentra localizada en el Valle del Alto Chicamocha en la región del Altiplano Cundiboyacense, sobre la Cordillera Oriental de los Andes en el centro del país con una altura promedio de 2.820 msnm y su temperatura promedio es 12°C.

Material Experimental

La Morera, obtenida del banco de proteína (figura 1), por ser una planta arbustiva presenta una copa redondeada, ramificada, con un tronco grisáceo que llega medir 60 cm de diámetro, hojas alternas, pecioladas, simples, integra, brillantes y estipuladas. El borde es dentado o irregularmente lobulado. Posee una inflorescencia simple en amentos de color crema o verdoso con pedúnculos pendientes o colgantes en donde se encuentran las flores unisexuales, las espigas masculinas se caen rápidamente las flores están arregladas descuidadamente.

Las espigas femeninas son cortas y las flores están compactas formadas por cuatro lóbulos y cuatro estambres. La sericultura ha sido la razón principal de la selección y mejoramiento del género *Morus*, obteniendo gran cantidad de variedades de excelente

capacidad de producción de biomasa, cantidad de proteína y alta resistencia a plagas y enfermedades, cultivadas en buenas condiciones edafoclimáticas.

Figura 1. Banco de proteína de morera (*Morus alba*).



Fuente: Autor.

Las especies más importantes de este género son *M. alba*, *M. nigra*, *M. indica*, *M. laevigata* y *M. bombycis* (Sánchez, 2002) Responde bien a la aplicación de abonos orgánicos en fresco como los estiércoles de gallinaza, vacunos, caprinos, cerdaza, equinos, etc., de igual forma haciendo aplicaciones de abonos en verde y residuos de la alimentación de los animales.

Descripción de los Tratamientos

La unidad experimental fue de 4 tratamientos y 4 repeticiones para hacer un total de 16 unidades experimentales, estableciendo 24 plantas por unidad experimental lo que nos dio un total de 384 plantas necesarias para llevar a cabo la investigación.

Diseño Experimental

En la tabla 2, se describirán los tratamientos establecidos para esta investigación.

Tabla 2. *Tratamientos elaborados en la experimentación.*

Tratamiento	Descripción	Número de plantas/tratamiento
1	Tratamiento control (50 cm sobre el nivel del	50

	suelo)	
2	100 cm sobre el nivel del suelo	50
3	Forma de mano	50
4	Forma de puño	50

Fuente: Autor

Manejo del Experimento

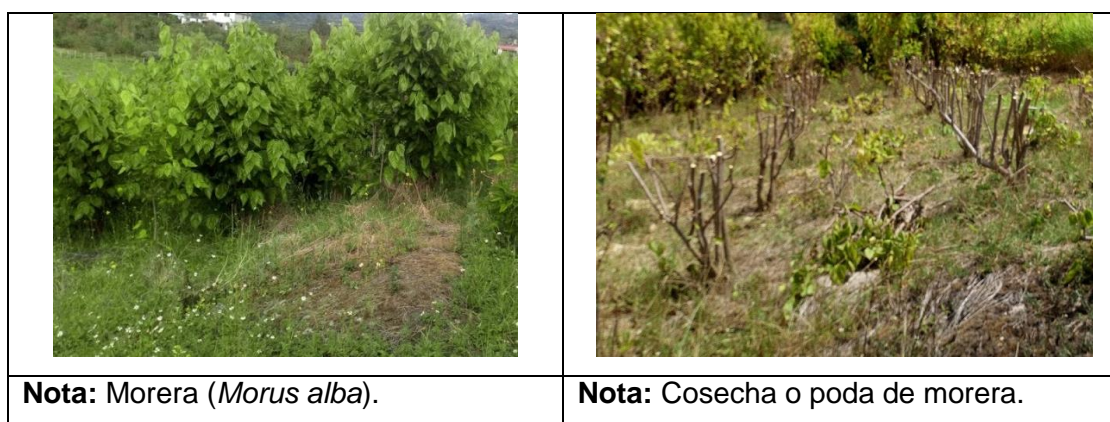
Fertilización

La fertilización se realizó por medio de la aplicación de abono orgánico de ovinos. Para reponer los nutrientes extraídos en el follaje, se realizó una fertilización a los 50 días antes del inicio del trabajo de investigación.

Cosecha

La primera cosecha se realizó a los 45 días, la segunda poda se realizó a los 60 días y la tercera a los 120 días después del primer corte (figura 2, 3, 4, 5, 6). Para esto se utilizaron tijeras, el producto final se obtuvo de la parcela neta de las 3 repeticiones de los 4 tratamientos que se investigaron, obteniendo de cada uno de estos el follaje (tallos y hojas).

Figura 2. 3. 4. 5. 6. *Proceso de poda y cosecha de material vegetal.*



	
<p>Nota: Rebrotos de <i>Morus alba</i>.</p>	<p>Nota: Follaje de <i>Morus alba</i> (tallos y hojas).</p>
	
<p>Nota: Pesaje de muestra de morera.</p>	

Fuente: Autor

Análisis Composicional

El proceso fue la poda del follaje (tallos y hojas) de la parcela neta de las 4 repeticiones de los 4 tratamientos del cultivo; se tomó la muestra, se introdujo en una bolsa con cierre hermético para mantener la frescura de la muestra, luego se envió al laboratorio para realizar el análisis bromatológico.

Porcentaje de Proteína

De cada tratamiento se extrajo una muestra por repetición para la determinación del contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas totales y extracto etéreo. Las muestras de hojas y tallos fueron secados en un horno a

60 °C durante 48 horas, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se molieron y se determinó el contenido de materia seca (MS) en una estufa a 105 °C. La proteína cruda (PC) se determinó por el método Kjeldall y las cenizas totales (CZ) por incineración (AOAC 1980). La fibra neutro detergente (FND), la fibra detergente neutra (FDN) y el extracto etéreo (EE) fueron analizados con el método descrito por Goering y Van Soest (1970).

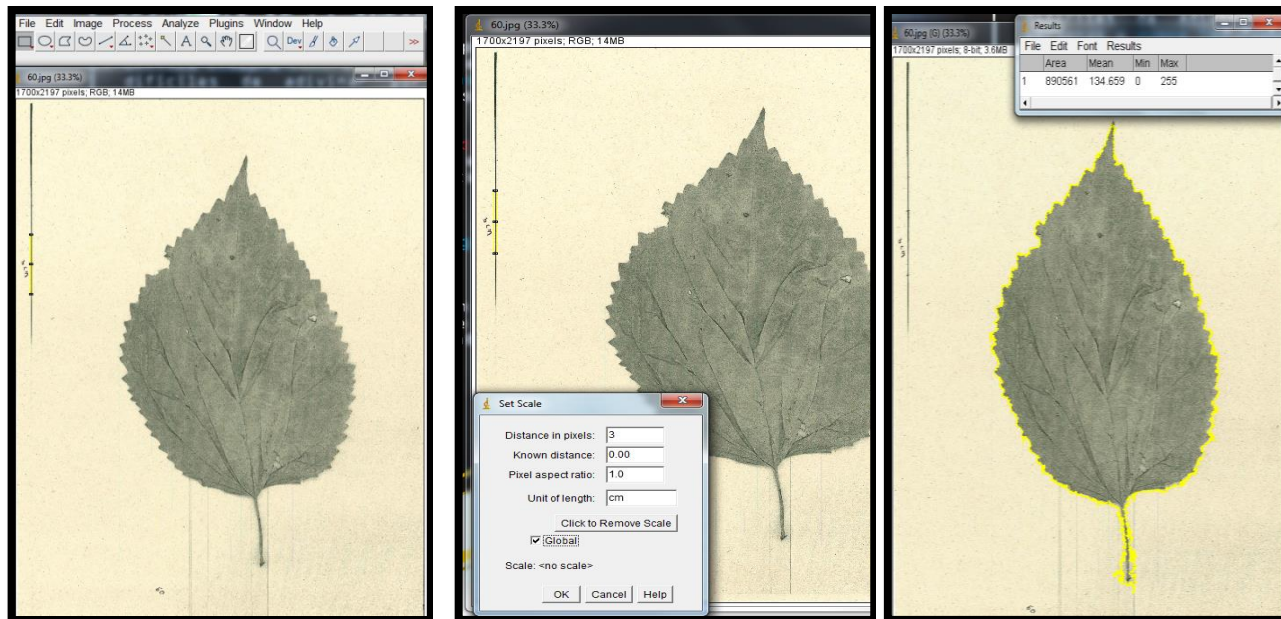
Biomasa

Para determinar el total de la biomasa que produjo la planta investigada, se tomó la parcela neta de las 4 repeticiones de los cuatro tratamientos tomando en cuenta la altura de la planta, la cual se midió por medio de una cinta métrica tomando los datos en centímetros lineales. El número de brotes por planta se estableció por medio del conteo de brotes que tuvo cada planta de la parcela neta y el peso total se determinó por medio del peso de cada planta, el cual se obtuvo por medio de una balanza analítica, tomando la parcela neta de las 4 repeticiones de los 4 tratamientos.

Medición de área foliar

Para las imágenes de hojas de cada cámara, se abrió una fotografía en el software libre ImageJ (Versión 1.52a) (Guerrero et al. 2012) y se fijó una medida de referencia de tamaño para los análisis posteriores. Para ello, sobre la fotografía visible en la pantalla se trazó con el ratón del computador una línea de referencia sobre la marca de 3 cm dibujada anteriormente sobre el papel (figura 7, 8, 9). Luego se usaron secuencialmente los comandos Analyze> Set Scale> Known distance: 3, Unit of length: cm, Global scale. Para procesar imágenes se usaron los comandos: Process> Binary> Make binary. Cuando la imagen de la hoja no apareció negra sobre fondo blanco, se invirtió la imagen con los comandos Edit>invert.

Figura 7. 8. 9. *Procesamiento de imágenes en el software libre ImageJ.*



Fuente: Autor

Análisis de la Información

Representación de los Datos

Los resultados obtenidos de análisis composicional fueron registrados y graficados en diagramas de barra que representan la media de los resultados de cada variable. Sin embargo, los datos correspondientes al área foliar fueron representados en un diagrama de cajas y bigotes para observar la variación entre réplicas y tratamientos.

Análisis Estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad (Test de Shapiro–Wilk y Test de Levene) a todas las variables para proceder con los análisis según el modelo estadístico indicado. Con el fin de determinar si las diferencias encontradas entre los indicadores bromatológicos y la biomasa (mensual y por planta) era resultado de los diferentes tratamientos (tipos de poda) y frecuencia de corte, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) utilizando la función aov del paquete de R stats v3.6.2. En caso de que la variable no cumpliera con los requerimientos para poder realizar el ANOVA, se realizó una prueba de Kruskal – Wallis utilizando la función kruskal.test del

paquete de R stats v3.6.2 con el mismo objetivo. Como análisis adicional, se determinó si la biomasa (mensual y por planta) obtenida del follaje en general, del tallo o de las hojas se diferenciaba significativamente; para este caso se aplicaron las pruebas ya descritas dependiendo de las condiciones de normalidad de las variables.

Posteriormente, los valores de significancia obtenidos para cada análisis fueron tabulados y se realizó una prueba de Tukey al 5% a los indicadores bromatológicos y la biomasa que evidenciaron diferencias significativas entre los tipos de poda y la frecuencia de corte en el ANOVA. La prueba de Tukey fue aplicada mediante la función `TukeyHSD` del paquete de R stats v3.6.2, para verificar cuál de los tratamientos presenta mejores condiciones según la variable analizada, el contenido de proteína, el peso y el tamaño de la planta. Por otro lado, se realizó un test de Wilcoxon Mann Whitney con la función `pairwise.wilcox.test` del paquete de R stats v3.6.2 y el método de holm, como alternativa a la prueba Tukey si se evidenciaban diferencias significativas en la prueba de Kruskal – Wallis. Todos los análisis fueron realizados en RStudio v1.4.1103.

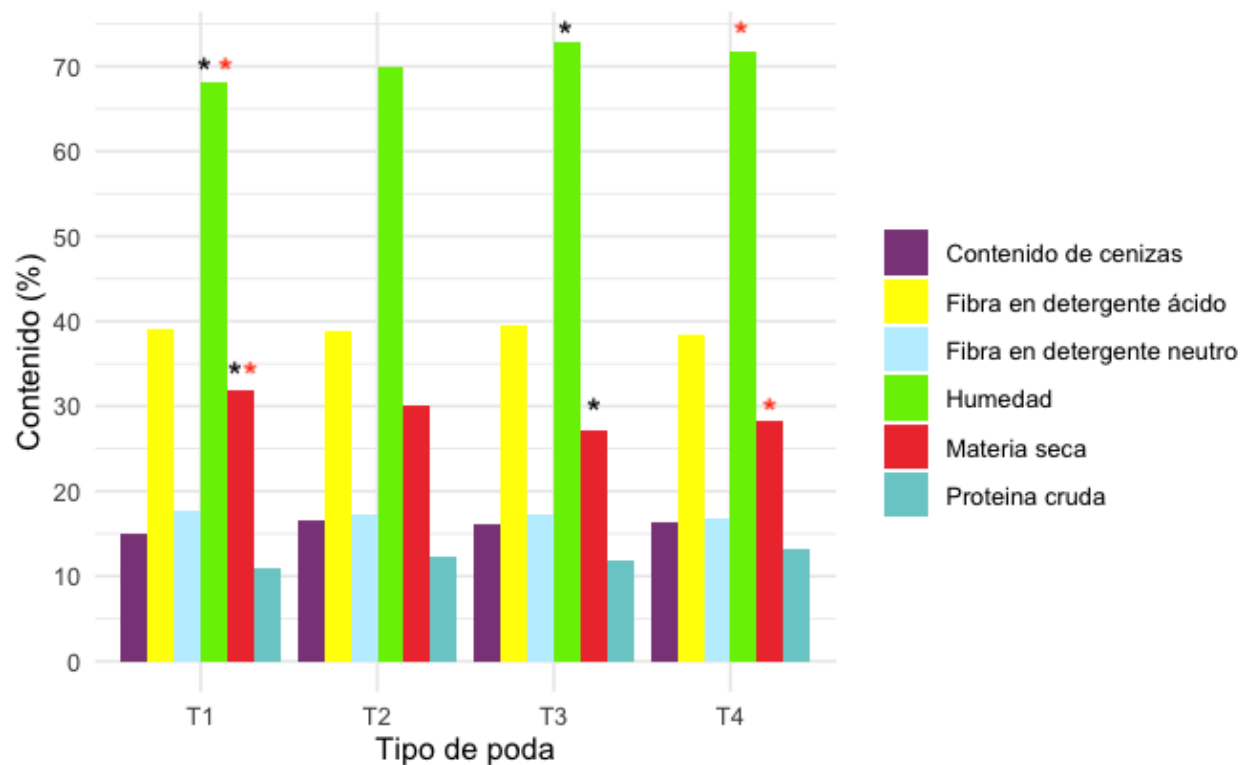
Resultados

A continuación se presentan los gráficos realizados para cada uno de los componentes analizados, en las cuales se indica mediante un asterisco, si se presentaron diferencias significativas entre las variables. En primer lugar, para los datos obtenidos del análisis bromatológico se muestra el contenido en porcentaje de cada indicador en relación al tipo de poda o la frecuencia de corte. Por otro lado, para la biomasa se indica la cantidad en kilogramos discriminada de acuerdo al follaje y en relación a las variables ya mencionadas. Por último, el área foliar se muestra en cm^2 y de acuerdo al tipo de poda exclusivamente.

Porcentaje de Proteína

Con respecto a los resultados del análisis bromatológico se evidenció, en primer lugar, que los porcentajes fueron similares en los diferentes tratamientos y se mantuvo una tendencia similar (figura 10). Puntualmente, se presentó en general un alto contenido de humedad; sin embargo, el valor obtenido para el tratamiento 1 fue significativamente menor respecto al tratamiento 3 y 4. Así mismo, el porcentaje de materia seca presentó diferencias significativas en relación a los tipos de poda, específicamente el contenido obtenido en el primer tratamiento fue mayor respecto a los tratamientos 3 y 4. Finalmente, los indicadores restantes fueron muy similares y sin diferencias significativas ente los tipos de poda.

Figura 10. *Contenido en porcentaje de los indicadores bromatológicos de acuerdo al tipo de poda.*

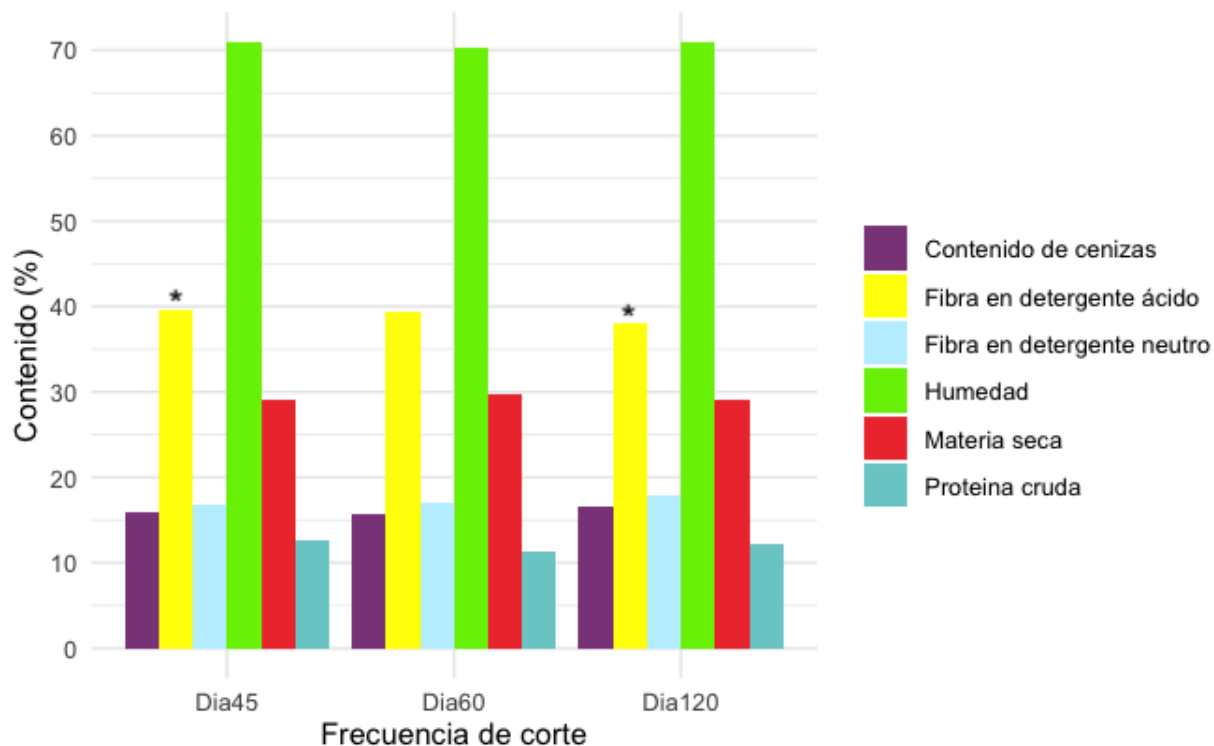


Nota: Los asteriscos señalan las variables que presentaron diferencias significativas.

Fuente: Autor

Por otro lado, al discriminar los indicadores de acuerdo a la frecuencia de corte (figura 11) se obtuvo que los porcentajes fueran muy similares. Únicamente se presentó un contenido significativamente mayor de fibra en detergente ácido para el día 45 con respecto al día 120.

Figura 11. *Contenido en porcentaje de los indicadores bromatológicos de acuerdo a la frecuencia de corte.*

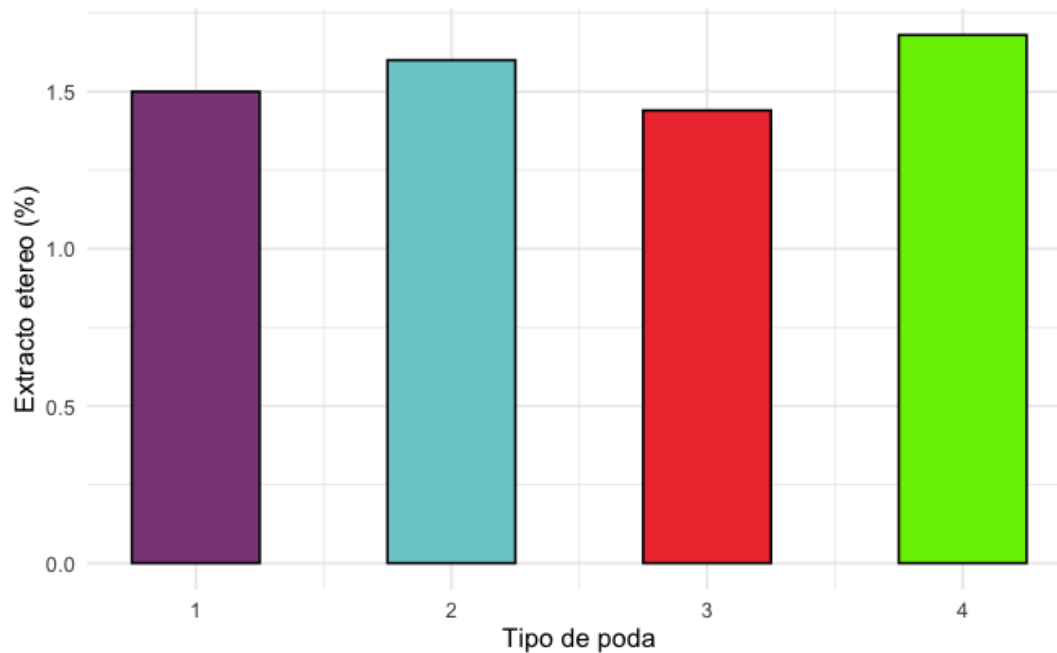


Nota: Los asteriscos señalan las variables que presentaron diferencias significativas.

Fuente: Autor.

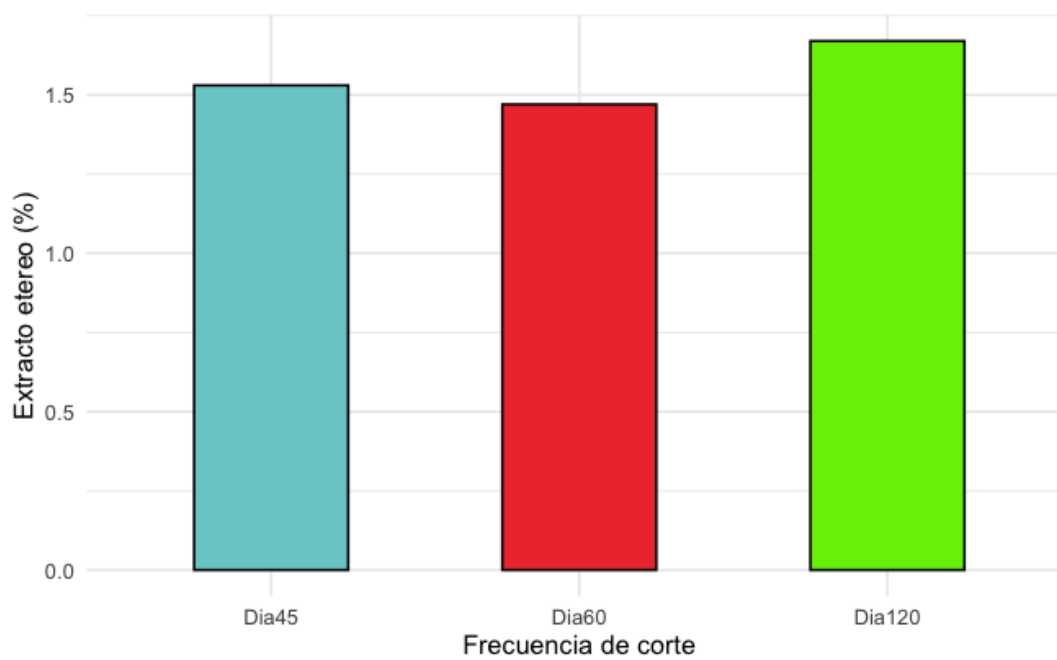
Por último, en relación al extracto etéreo se evidenció un mayor porcentaje en el tratamiento 4, seguido del tratamiento 2 (figura 12); sin embargo, estas diferencias no fueron significativas. De igual manera, al clasificar las mediciones de acuerdo a la frecuencia de corte se obtuvo un mayor porcentaje en el día 120 (figura 13), el cual nuevamente no fue significativo.

Figura 12. *Contenido en porcentaje del extracto etéreo de acuerdo al tipo de poda.*



Fuente: Autor.

Figura 13. Contenido en porcentaje del extracto etéreo de acuerdo a la frecuencia de corte.



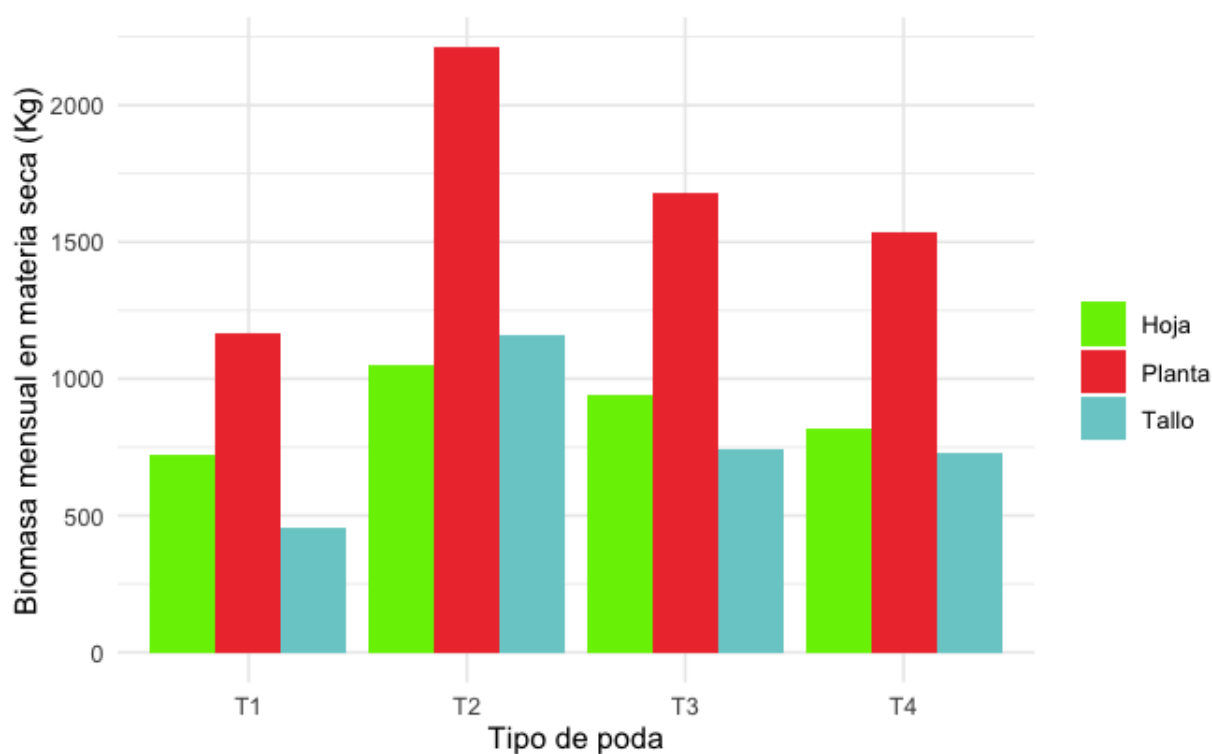
Fuente: Autor.

Biomasa

Respecto a la biomasa mensual, se encontró que la producción general y por follaje fue notoriamente mayor para el tratamiento 2 respecto a los demás tratamientos (figura 14).

Además, la biomasa foliar resulto superior a la producción de tallo en todas las densidades. No obstante, es importante mencionar que al comparar la biomasa respecto al tipo de poda no se obtuvieron diferencias significativas.

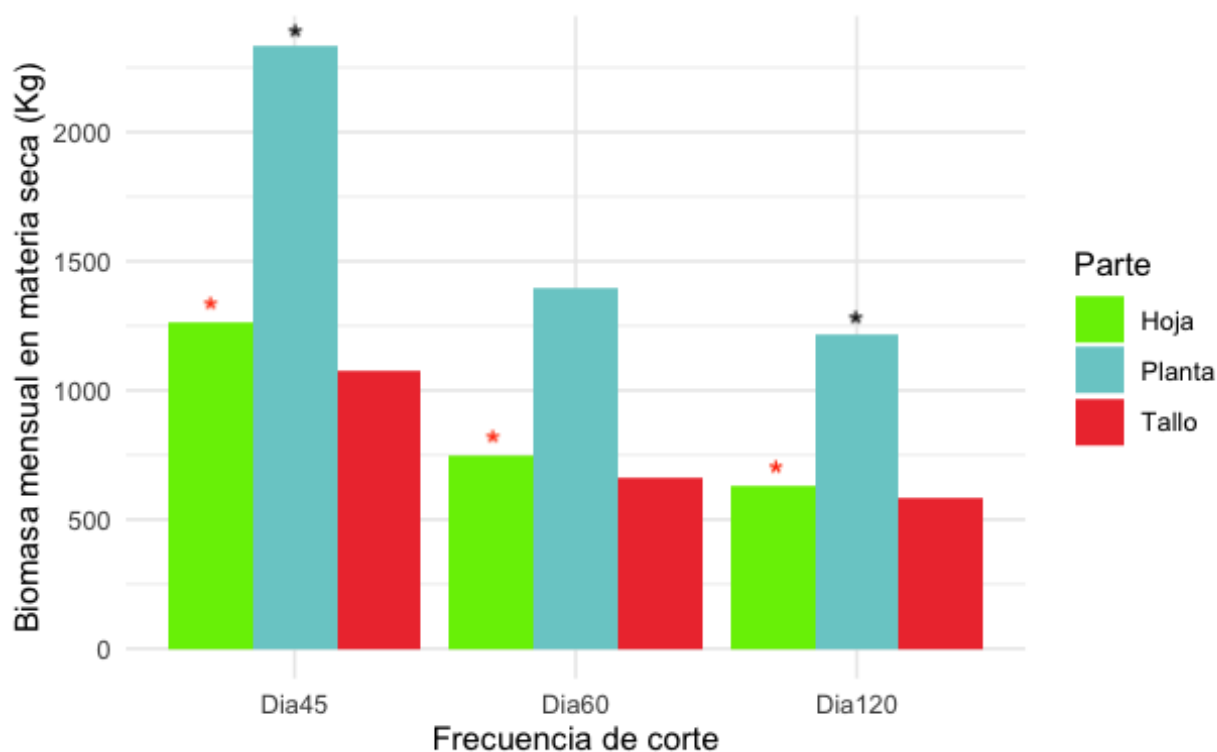
Figura 14. Biomasa mensual en materia seca (kg) para de acuerdo al tipo de poda.



Fuente: Autor.

Por el contrario, la biomasa mensual discriminada de acuerdo a la frecuencia de corte (Figura 15) evidenció una mayor cantidad de biomasa general y por follajes en el día 45. Esta diferencia fue significativa para el material vegetal total del día 45 en relación al día 120; por su parte, la biomasa foliar obtenida en el día 45 también lo fue respecto a los otros dos días. Cabe resaltar que nuevamente la biomasa foliar resulto superior a la producción de tallo en todas las densidades.

Figura 15. Biomasa mensual en materia seca (kg) de acuerdo a la frecuencia de corte.

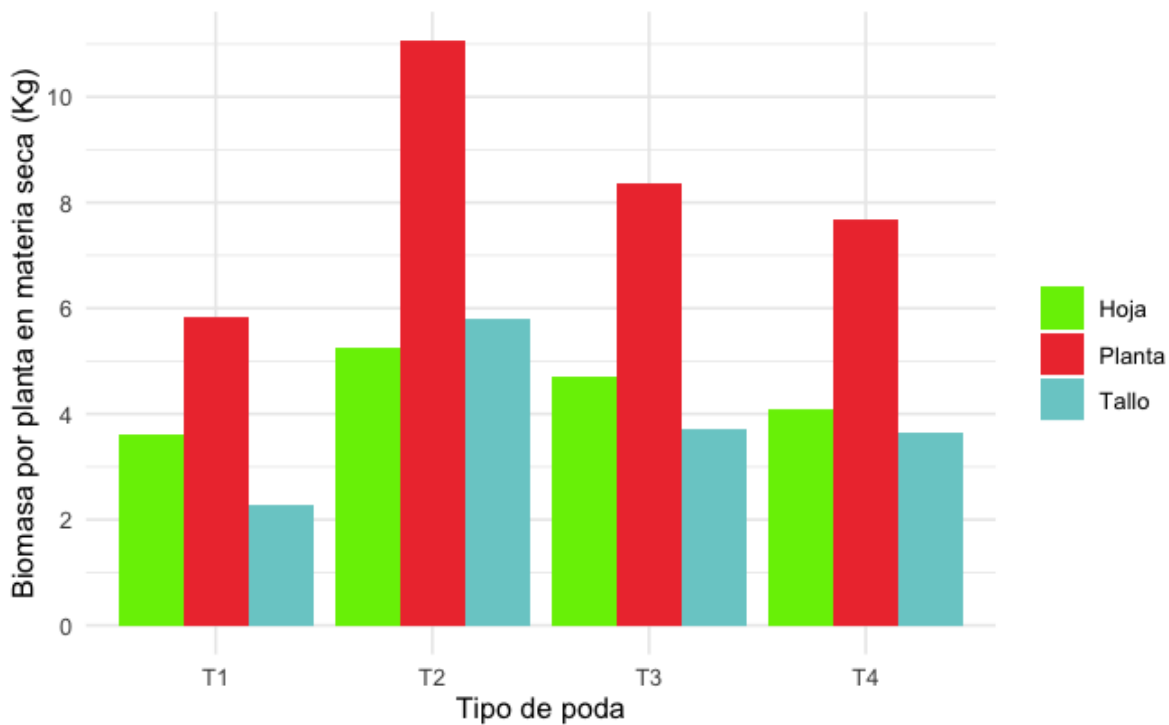


Nota: Los asteriscos señalan las variables que presentaron diferencias significativas.

Fuente: Autor.

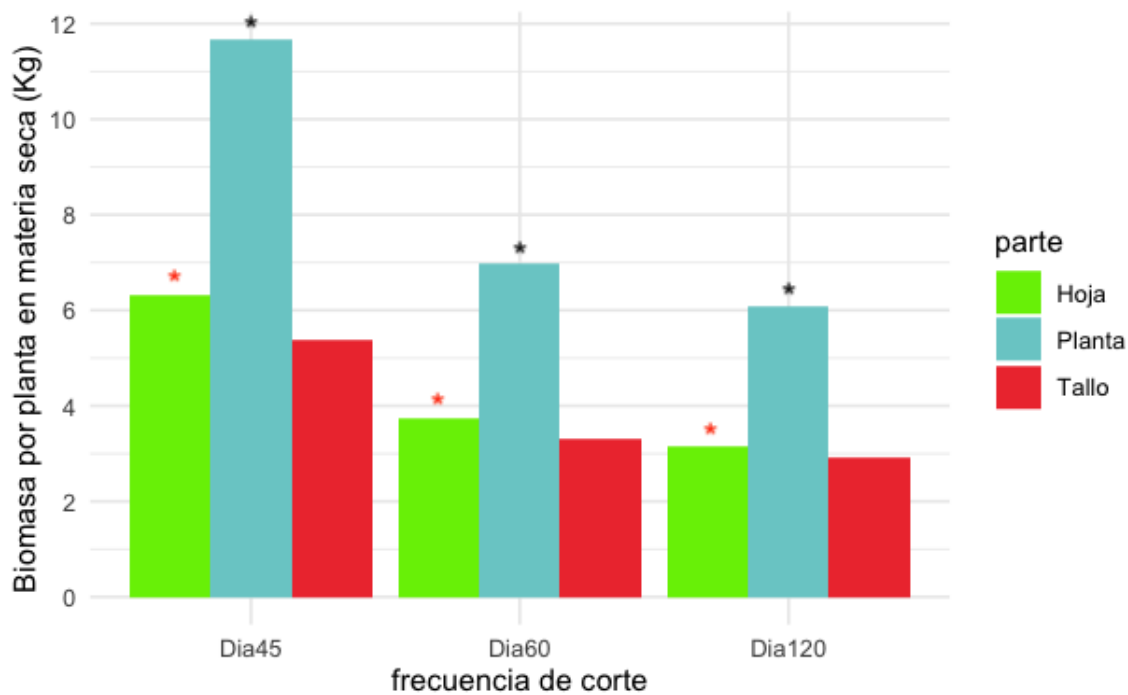
Al igual que la biomasa mensual, los datos obtenidos para la biomasa por planta presentaron la tendencia anteriormente descrita. Al comparar la biomasa de acuerdo al tipo de corte (figura 16) se obtuvo una mayor producción general y por follajes en el tratamiento 2 y nuevamente, la producción del foliar fue mayor respecto al tallo. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas. Por otro lado, e igual que para la biomasa mensual, al clasificar la biomasa por planta según la frecuencia de corte (figura 17) se obtuvo una producción significativamente mayor en el día 45. Puntualmente, la biomasa del material vegetal general y la biomasa foliar (nuevamente en todos los casos a la del tallo) fueron superiores respecto a los otros dos días.

Figura 16. Biomasa por planta en materia seca (kg) de acuerdo al tipo de poda.



Fuente: Autor.

Figura 17. Biomasa mensual por planta (kg) de acuerdo a la frecuencia de corte.



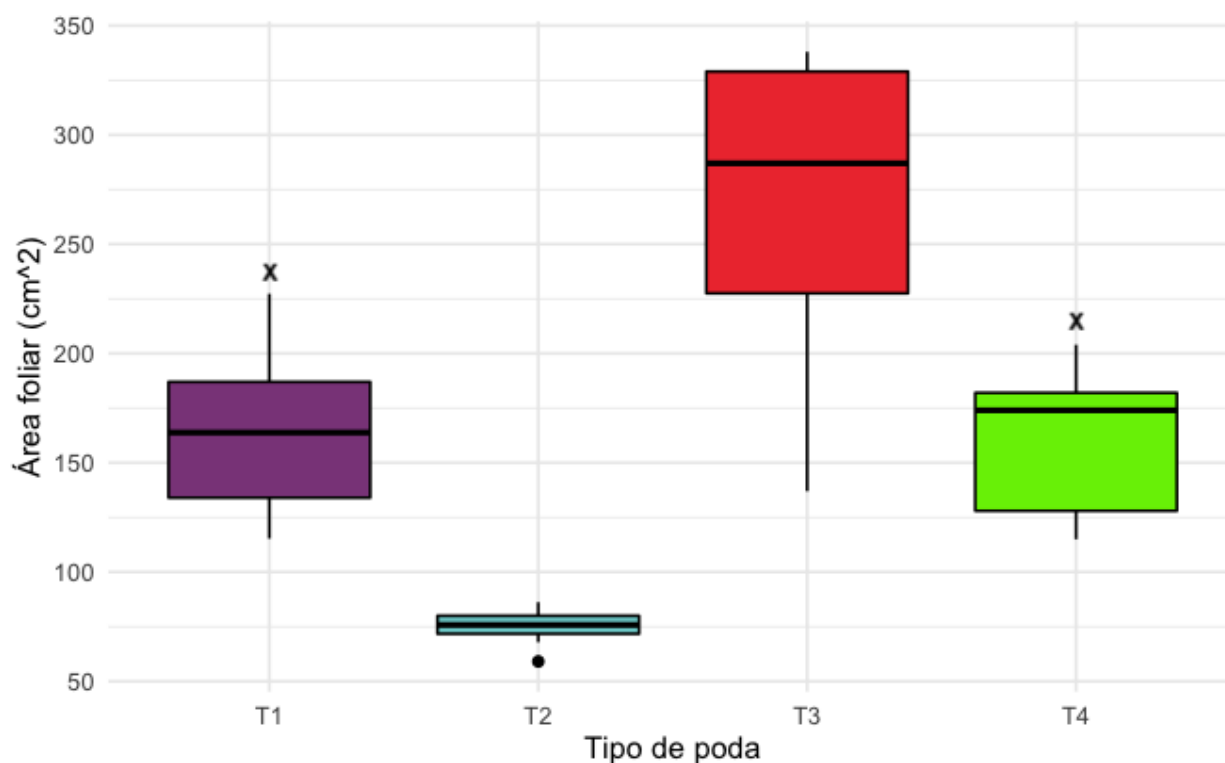
Nota: Los asteriscos señalan las variables que presentaron diferencias significativas.

Fuente: Autor.

Área foliar

Al comparar el área foliar de acuerdo al tipo de poda (figura 18) se evidenció que los registros obtenidos difieren notoriamente entre tratamientos. El tratamiento 3 presentó un valor promedio mucho mayor que los demás tipos de poda y por su parte, el tratamiento 2 registro la menor área foliar media. Todas las diferencias obtenidas por el tratamiento fueron significativas, a excepción del área foliar media del tratamiento 1 en contraste con la media del tratamiento 4.

Figura 18. Área foliar (cm²) obtenida para cada tipo de poda.



Nota: Las X señalan las variables que NO presentaron diferencias significativas.

Fuente: Autor.

Por último, la tabla a continuación reporta los p-value obtenidos para las pruebas ANOVA y Kruskal-Wallis realizadas a cada una de las variables (tabla 3). En cada componente se indica mediante asteriscos aquellos valores significativos.

Tabla 3. *p-values* obtenidos en el ANOVA o la prueba Kruskal-Wallis para todos los componentes evaluados.

Componentes	p - Value (ANOVA ó KRUSKAL-WALLIS)	
	Tipo de poda	Frecuencia de corte
Humedad	0.00187 **	0.823
Materia seca	0.00187 **	0.823
Proteína cruda	0.168	0.422
Fibra en detergente neutro	0.358	0.0662
Fibra en detergente ácido	0.507	0.0377 *
Contenido de cenizas	0.4156	0.716
Extracto etéreo	0.3567	0.2653
Biomasa mensual	Planta total	0.283
	Tallo	0.0708
	Hoja	0.665
Biomasa por planta	Planta total	0.000447 ***
	Tallo	0.0122 *
	Hoja	0.106
Área foliar	0.667	0.000673 ***
	0.208	

Nota: Los valores de significancia se representan así: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.'

Fuente: Autor.

Discusión

La morera (*Morus alba*) constituye un recurso vegetal con excelente potencial de utilización en alimentación animal, principalmente de especies rumiantes, teniendo en cuenta su alto valor nutricional, facilidades de cultivo y distribución local de fácil acceso a pequeños y medianos productores de las regiones. Particularmente, la hoja posee un elevado valor proteico, vitamínico y mineral, con bajo contenido de materia seca, sin compuestos tóxicos o antinutricionales identificados, características que la han convertido en alimento de alta calidad (Hurtado *et al.*, 2012). Así mismo, esta especie forrajera de interés investigativo se ha utilizado con buenos resultados zootécnicos en la alimentación de novillos, de vacas lecheras, cabras y de corderos estabulados, entre otras especies animales (Benavides *et al.*, 1994). Su follaje suele ser administrado en fresco, de manera que hojas y tallos suelen ser los tejidos vegetales más estudiados.

La composición nutricional de la planta, obtenida a partir del análisis bromatológico, constituye un indicativo de un adecuado estado del alimento, con niveles necesarios para el mantenimiento y la síntesis del organismo (Molina & Urquijo, 2021). En este estudio, la composición nutricional obtenida para la morera no evidenció una relación estrecha entre el porcentaje de cada indicador y la altura de corte o la frecuencia de corte de las plantas. No obstante, de manera general el tratamiento de corte 1 (50 cm sobre el suelo) reportó porcentajes diferenciados y significativos más cercanos a los valores teóricos recomendados para los indicadores. Puntualmente y en primer lugar, se obtuvo una diferencia significativa entre tratamientos exclusivamente para los parámetros de humedad y materia seca, consistente con la relación complementaria de estos dos indicadores. Los valores aquí obtenidos de materia seca son a su vez, concordantes con el valor medio de este parámetro (31.5%) reportado por Hurtado *et al.* (2012) para esta misma especie.

En segundo lugar, en dicho estudio también se reporta el promedio de proteína bruta que corresponde a 18.1%, un valor muy cercano a los reportados en el análisis aquí realizado.

En tercer lugar, una investigación llevada a cabo por Puerto Rico (2016) reporta un contenido de cenizas para la morera correspondiente a 20%, el cual es similar al obtenido en todos los tratamientos realizados en este estudio; no obstante, el valor de extracto etéreo reportado (3%) si fue notoriamente superior al encontrado en este caso. Finalmente, los valores de correspondientes a FDN y FDA de la morera también han sido publicados en estudios previos y pueden ser comparados; puntualmente Rodríguez y Elizondo (2012) obtuvieron un valor de 65.96% para FDN y 45.65% para FDA, porcentajes notoriamente diferentes a los aquí obtenidos.

Respecto a lo anterior, la fibra es un componente importante en la dieta (especialmente para rumiantes), pues altera sensiblemente la digestibilidad del alimento. Puntualmente, la fibra regula y mantiene la salud del rumen; sin embargo, altas fracciones como en el caso de alimentos altamente fibrosos y toscos, disminuyen el consumo y la digestibilidad en el animal (Molina & Urquijo, 2021). Por su parte, la FDA se relaciona inversamente con la digestibilidad en la dieta diaria del ganado bovino; ya que entre más alto es el porcentaje de FDA, menor es la digestión que tiene el alimento y la asimilación de los nutrientes (Hernández, 2010). En este estudio, los valores obtenidos para dicha variable (con cambios significativos para la frecuencia de corte) se encuentran más cercanos del límite teórico adecuado (<30%) en todos los tratamientos, de manera que el suplemento proporcionará un buen aporte nutricional al animal (Molina & Urquijo, 2021). Por otro lado, la FDN está relacionada con el tiempo de alimentación del animal y el tiempo que permanece lleno; ésta debe encontrarse dentro de los límites de concentración requerida para llevar a cabo el llenado correcto del rumen y tener una mayor absorción de los nutrientes (Hernández, 2010). En los resultados obtenidos en esta investigación se obtuvo un porcentaje menor al requerido por el rango de concentración recomendada para consumo diario (38.0% - 65.0%) (Molina & Urquijo, 2021). Sin embargo, se debe considerar que las variaciones de la composición bromatológica en diferentes estudios

son producto de la edad del material, la posición de las hojas en la rama y el nivel de fertilización (Benavides, 1995).

Ahora bien, se ha evidenciado en estudios previos que la frecuencia de poda tiene un mayor efecto sobre los rendimientos de biomasa que la altura de poda (Benavides, 1995); este aspecto es evidenciado nuevamente en esta investigación, pues las diferencias en biomasa fueron significativas para la frecuencia de poda exclusivamente. No obstante, es pertinente considerar que el intervalo de poda no debe ser menor a 90 días, pues se afecta negativamente la producción de biomasa en el mediano y largo plazo (Benavides, 1995). En este caso se reporta que la biomasa mensual y por planta obtenida en todos los tratamientos y para todas las frecuencias de corte, presentó la misma tendencia y resaltó un mismo resultado. Esto es, en general para los tratamientos asociados al tipo de corte se obtuvo una mayor acumulación de tejido leñoso respecto al tejido foliar; y por el contrario, en los ensayos correspondientes a las diferencias en la frecuencia de corte sobresale un alto potencial de producción foliar de las plantas.

Específicamente, en ambos escenarios se obtuvo la mayor producción de biomasa para el tratamiento 2 (corte de 100 cm sobre del suelo) y a una frecuencia de corte de 45 días. Este resultado es consistente con la mayoría de los datos sobre rendimiento de la morera, los cuales indican que esta especie produce en biomasa un promedio entre 21 a 28 t/ha/año al realizar la cosecha cada 40 a 50 días, y podando las ramas jóvenes para dejar el tronco principal a 45 cm de altura aproximadamente (Gutiérrez, 2018). De igual manera, se ha reportado para otras especies forrajeras del trópico alto colombiano, como *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia*, que la poda a 3 meses es una estrategia de manejo para promover incrementos en el rendimiento y proporción de hojas en la biomasa foliar, y no provoca cambios negativos en la densidad radical de dichas especies (Casanova *et al.*, 2010).

Finalmente, con respecto a la evaluación del área foliar, se evidenció una estrecha y significativa relación entre dicho parámetro y los diferentes tipos de poda realizados a los

individuos. Puntualmente, mediante el tratamiento 3 (poda en forma de puño) se obtuvo una media de área foliar significativamente superior a los demás tratamientos; y por su parte, el tratamiento 2 (corte a 100 cm sobre el suelo) resultó en la menor media de área foliar, también significativamente diferente a los demás tratamientos. Ahora bien, el área foliar constituye un parámetro ampliamente utilizado por su asociación con los distintos factores de producción vegetal, y es además usado como indicador de procesos fisiológicos como fotosíntesis, transpiración y evaporación de diferentes especies de plantas (Vallejos *et al.*, 2019).

Dada su importancia, el uso de prácticas agrícolas direccionadas al aumento en el área foliar y la duración de la misma (mayor número de hojas por unidad de superficie), provee a los cultivos de las condiciones más favorables para la expresión del mayor rendimiento potencial con miras al incremento en la producción de biomasa (Aguilar-García, *et al.*, 2005). En este sentido, este estudio evidencia que realizar cortes en forma de mano a lo largo del establecimiento y desarrollo de un banco de proteína de morera, facilitará un incremento en el crecimiento vegetal y obtención de mayores rendimientos de producción en términos de disponibilidad de follaje (tejido foliar) para proveer a los animales.

En conclusión, generalmente los forrajes en el trópico alto presentan una mayor proporción de pared celular que los hace menos digestibles, en comparación con forrajes de zonas templadas, y un mayor contenido de humedad que afecta negativamente el consumo (Rodríguez & Elizondo, 2012). Pese a lo anterior, la morera evaluada en este estudio presenta una composición nutricional muy cercana a los estimados teóricos recomendados para la inclusión de una especie forrajera en la dieta de animales; y es a su vez, concordante con composiciones nutricionales previamente reportadas para esta especie. Así mismo, dada su amplia disponibilidad, versatilidad agronómica y propiedades, la morera se constituye como una alternativa productiva y económica de excelente potencial en alimentación; que permitirá mejorar la calidad de dietas convencionales e incrementar la producción de los animales. Finalmente, esta investigación supone un aspecto fundamental en el fortalecimiento de las

regiones con miras al establecimiento de sistemas alimentarios sostenibles y también, demuestra la importancia del continuo desarrollo de este tipo de estudios que incentiven el desarrollo rural, fortalezcan la seguridad alimentaria y la competitividad en la producción pecuaria.

Conclusiones

La composición nutricional de la morera, obtenida en los diferentes tratamientos realizados en este estudio, demostró en general un adecuado estado del alimento, con niveles necesarios para el mantenimiento y la síntesis de los organismos. Así mismo, los porcentajes obtenidos para los indicadores fueron concordantes a resultados previamente publicados y se encuentran dentro de los estimados para la morera. Por último, es importante resaltar que el Tratamiento de corte 1 (50 cm sobre el suelo) reportó porcentajes diferenciados y significativos un poco más cercanos a los valores teóricos recomendados en la literatura. Esto, a pesar de que la composición nutricional obtenida no evidenció una relación muy estrecha y significativa entre el porcentaje de cada indicador y la altura y/o frecuencia de corte de las plantas.

La frecuencia de poda demostró un mayor efecto sobre los rendimientos de biomasa que la altura de poda, pues las diferencias en biomasa mensual y por planta aquí obtenidas fueron significativas para la frecuencia de poda exclusivamente. Particularmente, esta variable resaltó el alto potencial de producción foliar que presenta la morera, obteniendo la mayor producción (significativa) a una frecuencia de poda de 45 días. De igual manera, es importante mencionar que se obtuvo la mayor producción de biomasa mensual y por planta en el tratamiento de corte 2 (100 cm sobre del suelo), siempre considerando el menor efecto que tiene esta variable sobre la producción final del cultivo.

La evaluación del área foliar de la morera evidenció una estrecha y significativa relación entre dicho parámetro y los diferentes tipos de poda (tratamientos) realizados a los individuos. Puntualmente, se demostró que el realizar cortes en forma de mano (tratamiento 3) a lo largo del establecimiento y desarrollo del cultivo de morera, facilitará un incremento en el crecimiento vegetal y obtención de mayores rendimientos de producción en términos de disponibilidad de follaje (tejido foliar) que puede ser requerido para la alimentación de los animales.

La composición nutricional, biomasa, rendimiento y características agronómicas de la morera, evaluadas en este investigación; sumado a evidencias reportadas en la literatura

respecto a su exitosa utilización en estudios previos, permiten afirmar que esta especie constituye un recurso vegetal con excelente potencial de uso en alimentación animal. Así mismo, su amplia distribución en el trópico colombiano facilita su acceso y utilización por parte de pequeños y medianos productores, de manera que se consolida nuevamente como una alternativa productiva y económica para fortalecer la producción pecuaria y por consiguiente, contribuir a la seguridad alimentaria de las regiones.

Recomendaciones

Se recomienda el tipo de poda (tratamiento control) corte a 50 cm sobre el nivel del suelo, debido a que esta investigación reportó porcentajes diferenciados y significativos, en cuanto al valor nutricional de la morera (*Morus alba*), cercano a los valores señalados por diferentes autores. Mientras que en la producción de biomasa, se sugiera la utilización de la frecuencia de poda de los 45 días, para obtener mayores rendimientos en esta variable. Por otro lado, en cuanto al parámetro del área foliar, se aconseja realizar cortes en forma de mano en bancos de cultivo de morera, para incrementar en el desarrollo vegetal y alcanzar un buen rendimientos de producción foliar (hojas).

De igual manera, trabajos investigativos donde toman en cuenta la frecuencia e intensidades de podas de la morera, en los cuales se reporta un tiempo mínimo equivalente a un año hasta máximo dos, para evaluar variables como la producción de biomasa, análisis bromatológico y área folia, como las evaluadas en esta investigación. Por consiguiente se sugiere ampliar el tiempo de estudio para futuras investigaciones, con el fin de obtener resultados más concluyentes. Por otra parte, se aconseja tomar en cuenta la época del año (periodo lluvia, periodo de poca lluvia), así como también las dosis y tipos de fertilizantes (sintéticos u orgánicos) a suministrar en los bancos de morera, para la producción de biomasa de calidad y las demás variables de investigación en este trabajo.

Para finalizar, se recomienda el uso de la morera (*Morus alba*), para la alimentación animal, debido a su mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas en las en zonas de trópico alto de esta especie, además que dispone de un alto valor nutricional, satisfaciendo los requerimientos nutricionales para cada etapa fisiológica de animales tanto poligástricos como monogástricos de unidades productivas de medianos y pequeños productores; asegurando una alimentación complementaria de calidad y alta palatabilidad a bajo costo.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovsky-Zak, L., Tijerina-Chávez, L., & Engleman, E. M. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*, 23(3), 303-310.
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57311101001.pdf>
- Benavides, J. (1995). Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*, 2(7), 27-30.
- Benavides, J. E. (1999). Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. *Fao animal production and health paper*, 449-477.
<https://www.fao.org/Ag/aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/bnvdes23.pdf>
- Benavides, J., Lachaux, M., & Fuentes, M. (1994). Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). *AAA1Aamüal*, 308.
- Benavides, JE (2000). La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. *Pastos y Forrajes*, 23 (1).
[https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=952](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=952)
- Boschini, C. (2000). Consumo de morera (*Morus alba*) y sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) en ganado Jersey. *Agronomía Mesoamericana*, 73-77.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/17313/16799>
- Boschini, C. (2001). Degradabilidad in situ de la materia seca, proteína y fibra del forraje de morera (*Morus alba*). *Agronomía Mesoamericana*, 79-87.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/17290/16777>
- Cappellozza, L. (2002). Recursos de germoplasma de morera en Italia. *Documento de la FAO sobre producción y sanidad animal (FAO)*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2003409661>

- Casanova-Lugo, F., Ramírez-Avilés, L., & Solorio-Sánchez, F. J. (2010). Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en árboles forrajeros en monocultivo y asociados. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(3), 657-665.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93915170023.pdf>
- Cifuentes, C. A. C., & Sohn, K. W. (1998). Manual técnico de sericultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015032069>
- Datta, R. K. (2000). Mulberry cultivation and utilization in India. *FAO animal production and health paper*, 45-62.
<https://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/AGRICULT/aga/AGAP/FRG/Mulberry/Papers/PDF/Datta.pdf>
- Espinoza Méndez, E. (1996). *Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres variedades de morera (Morus alba L.) en Costa Rica* *Effect of site and levels of nitrogen fertilization on yield and quality of three mulberry varieties (Morus alba L.) in Costa Rica* (No. Thesis E77efe). CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- García, D. E., & Ojeda, F. (2004). Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). II. Polifenoles totales. *Pastos y Forrajes*, 27(1).
[https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=803](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=803)
- García, D. E., Ojeda, F., & Montejo, I. (2003). Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). I. Análisis cualitativo de metabolitos secundarios. *Pastos y forrajes*, 26(4).
[https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=814](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=814)
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)* (No. 379). US Agricultural Research Service.

- Guerrero, N. R., Quintero, M. A. O., & Naranjo, J. C. P. (2012). Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6399-6405. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30766/30887>
- Gutierrez Ortiz, WJ. (2018). Evaluacion tecnica de un banco forrajero con la especie Morus Alba (Morera) para la alimentacion animal. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21143>
- Hernández Guzmán, S. (2010). Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos (Tesis de pregrado). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. <https://docplayer.es/2393791-Santiago-hernandez-guzman.html>
- Hurtado, DI, Nocua, S., Narváez-Solarte, W., & Vargas-Sánchez, JE (2012). Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Veterinaria e Zootecnia* , 6 (1), 56-65. <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n1a06.pdf>
- Kitahara, N. (2001). Mulberry-pasture association system in Japan. *Mulberry for animal feeding in China*.(Eds. Jian, L, 27-28.
- Macaya-Berti, J. (2007). Las Moraceae Cultivadas en Chile. *Chloris Chilensis. Revista Chilena de Flora y Vegetación. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile*, 7(2). <http://www.chlorischile.cl/moraceaechileornm/moraceaeamacaya.htm>
- Machado, R., Roche, R., Toral, O. y García, EG (1999). Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. *Pastos y Forrajes* , 22 (3), 181-204. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01190065/document>

- Machii, H., Koyama, A., & Yamanouchi, H. (2000). Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan. *FAO Animal Production and Health Paper*, 63-72.
<https://www.fao.org/waicent/FAOINFO/AGRICULT/aga/AGAP/FRG/Mulberry/Papers/PDF/Machii2.pdf>
- Martín, G. J., García, F., Reyes, F., Hernández, I., González, T., & Milera, M. (2000). Estudios agronomicos realizados en Cuba en *Morus alba*. *Pastos y Forrajes*, 23(4).
[https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=929](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=929)
- Meza, N., & Bautista, D. (1999). Estimación del área foliar en plantas jóvenes de níspero (*Manilkara achras* [Miller] Fosberg) sometidas a dos ambientes de luz. *Bioagro*, 11(1), 24-28.
- Molina Contreras, S. P., & Urquijo Vela, K. D. (2021). Uso de residuos agroindustriales en alimentación de rumiantes y métodos para mejorar su eficiencia de uso.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33439/2021.KarenUrquijo-SoniaMolina..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pentón, G., de la Noval, W. T., & Martín, G. (2006). Estimación del área foliar a partir de observaciones morfológicas convencionales en *Morus alba* var. Acorazonada. *Pastos y forrajes*, 29(3).
[https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=700](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=700)
- Puerta Rico, L. F. (2016). Coeficientes de digestibilidad aparente de materias primas alternativas en Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y sus efectos sobre el desarrollo morfométrico de las vellosidades intestinales. *Departamento de Producción Animal*.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58789/1037576843.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez-Ortega, A., Martínez-Menchaca, A., Ventura-Maza, A., y Vargas-Monter, J. (2012). Adaptación de tres variedades de morera (*Morus* spp.) En el estado de

- Hidalgo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* , 3 (4), 671-683.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n4/v3n4a4.pdf>
- Rodríguez-Zamora, J., & Elizondo-Salazar, J. (2012). Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Agronomía Costarricense* , 36 (1), 13-23.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v36n1/a01v36n1.pdf>
- Sánchez, M. D. (2000). World distribution and utilization of mulberry, potential for animal feeding. In *FAO electron. Conf. Mulberry animal prod.(Morus1-L)* (Vol. 111).<https://www.fao.org/AG/AGA/AGAP/FRG/Mulberry/Papers/PDF/Intro.pdf>
- Sanchez, M. D. (2002). *Mulberry for Animal Production: Proceedings of an electronic conference carried out between May and August 2000* (No. 147). Food & Agriculture Org..
- Singh, B., & Makkar, H. P. (2000). The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. *FAO animal production and health paper*, 139-156.
<https://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/frg/Mulberry/Papers/PDF/Singh&m.pdf>
- Talamucci, P., Pardini, A., & Argenti, G. (2002). Effects of grazing animals and cutting on the production and intake of a mulberry-subterranean clover association. *FAO Animal Production and Health Paper (FAO)*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2003409693>
- Vallejos-Barra, Ó., Ponce-Donoso, M., Heinrich, P., & Doll, U. (2019). Área y biomasa foliar total de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser en zona Andina, Región del Maule, Chile. *Colombia forestal*, 22(2), 5-14. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v22n2/0120-0739-cofo-22-02-00005.pdf>
- Ye, Z. (2000). Factors influencing mulberry leaf yield. *FAO Animal Production And Health Paper*, 123-124.

Yongkang, H. 2002. Mulberry cultivation and utilization in China. In: Animal Production and Health Paper N° 147. FAO, Rome. p. 11-43. <https://www.fao.org/AG/Aga/AGAP/FRG/Mulberry/Papers/PDF/Yongkang.pdf>