

Evaluación del potencial agronómico de *Morus alba* para su inclusión en sistemas de pastoreo-ramoneo en Trujillo, Venezuela. Disponibilidad y composición química de la biomasa

Agronomic potential evaluation of *Morus alba* for their inclusion in browsing-grazing systems in Trujillo, Venezuela. Availability and chemical composition of the biomass

M.G. Medina¹, D.E. García¹, P. Moratinos²,
J.M. Iglesias³ y T. Clavero⁴

¹Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR), Universidad de Los Andes (ULA), estado Trujillo, Venezuela.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Trujillo, Venezuela.

³Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

⁴Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, estado Zulia, Venezuela.

Resumen

Se realizó un experimento en el estado Trujillo, Venezuela para evaluar el efecto de la fertilización orgánica (0, 132 y 264 g N.planta.año⁻¹), la frecuencia de pastoreo (60, 90 y 120 días), la modalidad de asociación (morera-pastos y morera-leucaena-pastos), la estrategias de poda (con poda y sin poda), el año y la época en la disponibilidad de biomasa (total (BT), comestible (BC), de hojas, de tallos tiernos y de leñosos (TL)), relación BC/BT y composición química (bromatología y metabolitos secundarios) de la morera (*Morus alba*) usando un diseño de bloques al azar con parcelas divididas, para medidas repetidas en el tiempo y 4 réplicas por subparcela. La interacción frecuencia de pastoreo x estrategia de poda x fertilización para la disponibilidad de BT y BC fue significativa ($P < 0,05$). La BT y BC fueron superiores en las plantas sin podar, fertilizadas con 132 y 264 g de N.planta.año⁻¹ y pastoreadas cada 90 y 120 días ($P < 0,05$). El año de explotación

sólo afectó la disponibilidad de BT y de TL ($P<0,05$). Los valores de BT y BC oscilaron entre 193-210 y 156-159 gMS.planta⁻¹, respectivamente. La mayor disponibilidad se observó en la lluvia (BT: 214,66; BC: 187,33 gMS.planta⁻¹) ($P<0,01$) y en el sistema multiasociado (BT: 254,33; BC: 224,06 gMS.planta⁻¹). El año, la época, la modalidad y la fertilización no afectaron la composición química. Sin embargo, la estrategia de poda y la frecuencia de pastoreo ocasionaron variaciones significativas ($P<0,05$). El mayor valor nutricional del follaje se observó cuando se usó la poda y con las frecuencias de pastoreo más intensas (60 y 90 días). Considerando los valores de disponibilidad de biomasa y la composición química, la morera puede ser usada como planta de pastoreo en sistemas multiasociados cuando sea manejada agrónomicamente con fertilización orgánica y sólo con podas estratégicas.

Palabras clave: fertilización, pastoreo, asociación, biomasa, composición química, morera

Abstract

An experiment was carried out in order to evaluate the effects of fertilization level (0, 132 and 264 g N.plant.year⁻¹), grazing frequency (60, 90 and 120 days), association modality (mulberry-grasses and mulberry-leucena-grasses), pruning strategies (with pruning and without pruning), the year and the season in the total (BT), edible (BC) biomass, (leaves and edible stem) and woody stem (TL), relationship BC/BT and chemical composition (proximal and secondary metabolites) using a randomized blocks design with split plot arrangement and measures repeated and 4 replicates by sub-plots. The interaction grazing frequency x pruning strategy x fertilization for the BT and BC availability was significant ($P<0.05$). The BT and BC were superior in the plants without pruning, fertilized with 132 and 264 g of N.plant.year⁻¹ and grazed each 90 and 120 days ($P<0.05$). The year only affected the BT and TL values ($P<0.05$). The BT and BC availability oscillated between 193-210 and 156-159 g of DM.plant⁻¹, respectively. The highest biomass value was observed in the rainy period (BT: 214.66; BC: 187.33 gDM/plant) ($P<0.01$) and in the multi associated system (BT: 254.33; BC: 224.06 gDM/plant). Marginal influence of year, the season, the modality and the fertilization in the chemical composition was observed. However the pruning strategy and the grazing frequency caused significant variations ($P<0.05$). The biggest nutritional value was observed when pruning and with the most intense grazing frequencies (60 and 90 days). Considering the values of biomass availability and the chemical composition, Mulberry can be used as grazing plant in multi associated systems when its managed agronomically with organic fertilization and only with strategic pruning.

Key words: fertilization, grazing, association, biomass, chemical composition, mulberry.

Introducción

Existe un gran número de plantas leñosas (árboles y arbustos con potencial forrajero) que pueden ser utilizados como suplementos en los sistemas silvopastoriles, ya que se caracterizan por presentar un elevado contenido de proteínas (superior al 20%) y una alta digestibilidad, superior a la de los pastos tropicales (Medina, 2004). Adicionalmente, los árboles y arbustos, gracias a su versatilidad y naturaleza multipropósito, producen una serie de productos y subproductos comercializables, tales como la leña, postes, madera, medicinas, miel, frutos; además de que facilitan el reciclaje de nutrientes, disminuyen la erosión y la escorrentía y mejoran las características químicas, físicas y biológicas del suelo.

Dentro de la gran diversidad de especies con excelentes características forrajeras, se destacan las pertenecientes a la familia de las leguminosas, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo y producir altas cantidades de biomasa comestible de forma estable; los que los convierten en fuente excelente de proteína y energía digestible (Medina, 2004).

La leguminosa forrajera más difundida y ampliamente utilizada a nivel mundial es *Leucaena leucocephala* (Espinoza *et al.*, 2007). No obstante, en la actualidad existe un creciente interés por la búsqueda de otros recursos arbóreos que, aunque no son de la familia de las leguminosas, presentan una gran posibilidad de uso en la alimentación animal

En este sentido, en muchas regiones del mundo se está promoviendo

Introduction

There are a lot of woody plants (trees and shrubs with forage potential) that might be used as supplement in silvopastoral systems, since are characterized by presenting an elevated protein content (superior to 20%) and a high digestibility, superior to the tropical grasses (Medina, 2004). Additionally, trees and shrubs, thanks to their versatility and multipurpose nature, produce commercial products and sub-products, such as firewood, wood, medicines, honey, fruits; besides, facilitate the recycling process of nutrients, reduce the erosion and runoff and improve the chemical, physical and biological characteristics of the soil.

In the diversity list of species with fodder characteristics are highlighted those belonging to the legumes, by their capacity of fixing the atmospheric nitrogen to the soil and producing high quantities of edible biomass in a steady way; thus, these become an excellent source of protein and digestible energy (Medina, 2004).

The widely known fodder legume worldwide is *Leucaena leucocephala* (Espinoza *et al.*, 2007). Nevertheless, currently there is an interest on looking for new arboreal resources that even though do not belong to the legume family have a great usage possibility in the animal alimentation.

In this matter, in many regions of the world, it has been promoting the usage of the *Morus Alba* (Linn.) specie as a cattle feed, due to its high attributes, making it a more viable

la utilización de la especie *Morus alba* (Linn.) como alimento para el ganado, debido a una serie de atributos que la convierten en una opción viable como fuente forrajera en los sistemas de producción animal (Sánchez, 2002).

En los últimos diez años el manejo de la Morera se ha enfocado preferentemente hacia sistemas de corte y acarreo, por lo que su inclusión en sistemas asociados de pastoreo/ramoneo ha sido un tema poco tratado. Considerando que existen antecedentes que avalan su uso en sistemas pastoriles, implementar formas de manejo, tanto agronómico como animal, que asegure la producción y la estabilidad de esta especie bajo condiciones silvopastoriles, constituye un aspecto importante, logrando ampliar y maximizar sus formas de uso y aprovechar su elevado potencial para la alimentación animal. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de la fertilización orgánica, la frecuencia de pastoreo, la modalidad de asociación y la estrategia de poda en la disponibilidad y la composición química de la biomasa de la Morera en condiciones silvopastoriles.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo

El experimento se desarrolló durante tres años consecutivos en un área de gramíneas con diez años de establecida y sometida continuamente a pastoreo en la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" (Núcleo Universitario "Rafael Rangel"), propiedad de la Universidad de Los Andes, específicamente en el

option as fodder source in the animal production system (Sánchez, 2002).

In the last ten years, the handle of mulberry has focused on cut and carry, thus, its inclusion in browsing-grazing systems is not well known. It is very important to implement both agronomical and animal handle practices, to maximize its usage and take advantage of its elevated potential for the animal feeding. Therefore, the objective of this research was to evaluate the influence of the organic fertilization, the grazing frequency, association modality and the pruning strategy in the availability and chemical composition of mulberry in silvopastoral conditions.

Materials and methods

Location of the essay

The experiment was developed for three years in a row in a ten-year-old of established gramineae area and submitted to continuous grazing in the Experimental Station and Agricultural Production "Rafael Rangel" (University Campus "Rafael Rangel"), property of Universidad de los Andes, specifically in La Catalina, Vega Grande, Pampán parish, Trujillo state, Venezuela. The production unit is under transition conditions from tropical dry Forest to tropical wet forest, in the coordinates 9°35'00" and 9°37'19" north latitude and from 70°27'00" and 70°31'39" de west longitude, at a height of 270-300 masl (Medina *et al.*, 2006).

Soil and weather characteristics of the area

The experimental are has alkaline, deep and with low fertility

sector La Catalina, Vega Grande, municipio Pampán del estado Trujillo, Venezuela. La unidad de producción se encuentra en condiciones de transición de Bosque seco tropical a Bosque húmedo tropical, entre las coordenadas 9°35'00" y 9°37'19" de latitud Norte y entre 70°27'00" y 70°31'39" de longitud Oeste, a una altura de 270-300 msnm (Medina *et al.*, 2006).

Características edafoclimáticas del área

El área experimental presenta un suelo Fluvisol alcalino, profundo y de baja fertilidad. Las características químicas generales del suelo durante la etapa de evaluación fueron las siguientes: pH (KCl): 8,15; MO (%): 1,04; Nitrogeno asimilable (%): 0,09; Carbono orgánico (%): 1,18 y Ca (cmol.kg⁻¹): 244.

La zona presenta un clima de Sabana Tropical cuya precipitación promedio es menor de 52, 2 mm en el mes más seco (junio), y no mayor de 212,5 mm en el mes más húmedo (octubre) (Medina *et al.*, 2006).

Siembra y establecimiento

Se sembraron simultáneamente las especies arbóreas (*M. alba* y *L. leucocephala*) en un área de gramíneas. La plantación y el manejo en el establecimiento de las arbóreas se realizó siguiendo la metodología sugerida por Toral (2005) para leñosas bajo condiciones silvopastoriles. La etapa de establecimiento fue de 8 meses.

Manejo agronómico

Fertilización de *M. alba*

Una vez establecida la plantación, se realizaron labores culturales en la Morera, la cual se fertilizó de forma manual alrededor del tronco, empleando las mismas dosis de fertilizan-

Flovisol soil. The general chemical characteristics of the soil during the evaluation phase were the followings: pH (KCl): 8.15; MO (%): 1.04; assimilable nitrogen (%): 0.09; organic carbon (%): 1.18 and Ca (cmol.kg⁻¹): 244.

The area has a tropical Savannah weather-type, which average precipitation is lower than 52.2 mm in the driest month of the year (June) and not higher than 212.5 mm in the was month (October) (Medina *et al.*, 2006).

Sow and establishment

Arboreal species were sowed simultaneously (*M. alba* and *L. leucocephala*) in a gramineae area. The plantation and handle in the establishment was done following the methodology suggested by Toral (2005) for woody species under silvopastoral conditions. The establishment phase lasted 8 months.

Agronomic handle

Fertilization of *M. alba*

Once established the plantation, were carried out cultural works in mulberry, which was fertilized manually around the trunk employing the same doses of organic fertilizer (0, 132 and 264 g of N.plant.year⁻¹) and following the procedure mentioned by Medina *et al.* (2010a) in previous researches.

The fertilizer used was previously treated bovine manure, which was obtained after wastes collected periodically during the cleaning process of the area, where the herd of milky cows remained. The manure was submitted, in an unique group, to a dehydration/ aerobic fermentation process for 45 days, later was packed

te orgánico (0, 132 y 264 g de N.planta.año⁻¹) y siguiendo el procedimiento señalado por Medina *et al.* (2010ab) en ensayos anteriores.

El fertilizante utilizado fue estiércol bovino previamente tratado, el cual se obtuvo a partir de los desechos colectados periódicamente durante el proceso de saneamiento del área donde permanecía estabulado el rebaño de vacas lecheras de la Estación. El estiércol fue sometido, en un lote único, a un proceso de deshidratación/fermentación aerobia durante 45 días y posteriormente fue embasado y almacenado en un lugar seco y ventilado hasta el momento de su utilización.

Las características químicas del fertilizante utilizado fueron las siguientes: pH (H₂O): 8,09; Conductividad Eléctrica (dS/cm): 7,06; Nitrógeno total (%): 2,61; Nitrógeno-NH₄ soluble (ppm): 501; Relación Carbono/Nitrógeno inicial: 15 y Materia Orgánica Total (%): 56,16.

Poda de los árboles

Este procedimiento se realizó a la mitad de los árboles previamente identificados posterior a la etapa de establecimiento y cada vez que los animales salían del pastoreo. La misma se efectuó con un machete afilado a una altura de 1 m, tanto para la Morera (Medina, 2004) como para Leucaena (Ruíz y Febles, 2006). El cronograma de podas establecidos en función de la frecuencia de pastoreo en cada año corresponde con lo establecido por Medina *et al.* (2010b) en trabajo precedente.

Manejo zootécnico

Las unidades experimentales (parcelas-potreros) fueron sometidas a

and stored in a dry and ventilated place until its usage.

The chemical characteristics of the used fertilizer were the followings: pH (H₂O): 8.09; electric conductivity (dS/cm): 7.06; total nitrogen (%): 2.61; soluble nitrogen-NH₄ (ppm): 501; carbon/initial nitrogen relation: 15 and total organic matter (%): 56.16.

Trees pruning process

This procedure was done in the middle of the trees which were previously identified posterior to the establishment phase, and every time the animals came out from grazing. This procedure was done using a sharp knife at a height of 1 m for Mulberry (Medina, 2004) and Leucaena (Ruíz and Febles, 2006). The pruning chronogram established in function of the grazing frequency every year, corresponds to the established by Medina *et al.* (2010b).

Zoo technical handle

The experimental units (plots/paddocks) were submitted to rational grazing, which frequency was variable in function of the treatment (grazing every 60, 90 and 120 days).

Half-breed Carora cows were used (first lactation, and an approximate corporal condition of 3 (in a scale from 1 to 5), average alive weight of 300 kg and productivity of 15 L.animal.day⁻¹; submitted to a double-manual-milking system (4:00 am and 3:00 pm) with supplement offer in the afternoon. The rest of the zoo technical aspects correspond to what Medina *et al.* (2010b) posed.

During the three-grazing years, the animals were introduced to the plots at 6:00 am and taken out at 12:00 m. During all the experimental period,

pastoreo racional, cuya frecuencia fue variable en función del tratamiento (pastoreo cada 60, 90 y 120 días).

Se utilizaron vacas mestizas Carora (de primera lactancia, con una condición corporal aproximada de 3 (en escala de 1 a 5), peso vivo promedio de 300 kg y productividad de 15 L/animal/día; sometidas a un sistema de doble ordeño manual (4:00 am y 3:00 pm) con oferta de suplemento en horas de la tarde. El resto de los aspectos zootécnicos corresponden con lo planteado por Medina *et al.* (2010b).

Durante los tres años a los que el área fue sometida a pastoreo, los animales se introdujeron a las parcelas respectivas a las 6:00 am y se retiraron a las 12:00 m. Durante todo el periodo experimental se utilizó una carga aproximada de 2 UA.ha⁻¹.

El ajuste de la carga se realizó acorde a la disponibilidad de forraje en cada rotación (oferta variable) y las dimensiones de las unidades experimentales.

En horas de la tarde los animales se suplementaban diariamente con una mezcla de melaza, urea y pastos troceados a razón de 25 kg de materia verde.animal.día⁻¹.

Mediciones

Disponibilidad de biomasa

Se utilizó la técnica propuesta por Lamela (1998) y validada para sistemas silvopastoriles con presencia de mora por Medina (2004), la cual consistió en coleccionar la biomasa disponible en la leñosa hasta la altura de consumo. La disponibilidad se dividió en fracciones (hojas, tallos tiernos y leñosos) y se procedió a determinar su peso; luego, partes previamente pesadas del total de fracciones de biomasa se colocaron en

was used an approximately charge of 2 UA.ha⁻¹.

The adjustment of the charge was done according to the fodder availability on each rotation (variable offer) and the dimensions of the experimental units.

In the afternoon, the animals were fed with a mix of molasses, urea and cut grass at a reason of 25 kg of green matter.animal.day⁻¹.

Measures

Availability of the biomass

The technique proposed by Lamela (1998) was used, and validated by Medina (2004) for silvopastoral systems with mulberry presence, which consisted on collecting the available biomass in the wood until the intake height. The availability was divided in fractions (leaves, tender and woody stems) and was proceeded to determine their weight, later, the already weighted parts from the total of the biomass's fractions were put on identified paper bags and put in a stove (Kaltein brand, Colombia) for 72 hours with forced ventilation (60°C) to estimate the dry weight. The edible biomass relation (BC)/total biomass (BT) was calculated after the estimation of the availability in dry phase.

Chemical composition

To carry out the chemical analysis was used part of the edible biomass collected on the estimation of the availability that was not put on the stove. The samples were dehydrated in shadow in absence of light in a ventilated and dark place, later, were grounded until 1mm of the particle's size and stored at 5°C in glass jars, with amber color, until their

bolsas de papel identificadas y fueron colocadas en una estufa (marca Kaltein, Colombia) durante 72 horas con ventilación forzada (60°C) para estimar el peso seco. La relación biomasa comestible (BC)/biomasa total (BT) se calculó después de la estimación de la disponibilidad en base seca.

Composición química

Para la realización del análisis químico se utilizó la parte de la biomasa comestible colectada en la estimación de la disponibilidad que no fue colocada en la estufa. Las muestras se deshidrataron a la sombra en ausencia de luz en un lugar ventilado y oscuro, posteriormente fueron molidas hasta 1 mm de tamaño de partícula y almacenadas a 5°C en frascos de vidrio de color ámbar hasta el momento del análisis (García, 2003; García *et al.*, 2011). Las determinaciones se realizaron por triplicado y todas las muestras se analizaron paralelamente. Las variables químicas estudiadas fueron: proteína bruta (PB), proteína verdadera (PV), proteína soluble (PS), Calcio (Ca) y Fósforo (P), todas se cuantificaron mediante las metodologías propuestas por la AOAC (1990).

El fraccionamiento de la pared celular (fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), PB unida a la FDN (PB-FDN), PB unida a la FDA (PB-FDA), lignina, celulosa y hemicelulosa) se realizó siguiendo las indicaciones realizadas por Van Soest *et al.* (1991).

La cuantificación de los fenoles totales (FT) se llevó a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu (Makkar, 2003) y los flavonoides (Flav) mediante la metodología descrita por García

analysis (García, 2003; García *et al.*, 2011). The determinations were done by triplicate and all the samples were analyzed in parallel. The chemical variables studied were: raw protein (PB), true protein (PV), soluble protein (PS), calcium (Ca) and phosphorous (P), all were quantified using the methodologies proposed by AOAC (1990).

The fractioning of the cellular wall (neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), PB linkage to FDN (PB-FDN), PB linkage to FDA (PB-FDA), lignin, cellulose and hemicellulose) was done following the indications done by Van Soest *et al.* (1991).

The quantification of the total phenols (FT) was carried out using the Folin-Ciocalteu method (Makkar, 2003) and flavonoids (Flav) using the methodology described by García (2003), with the formation method of colored compounds, using as analytical pattern the betha-sitosterols. Saponins (Sap) were determined using the methodology described by Hiai *et al.* (1976), using vanillin in an acid culture.

Experimental design and treatment

A randomized block design with Split plot arrangement was used: 3 level of fertilization (0, 132 and 264 g N.plant.year⁻¹) x 3 grazing frequency (every 60, 90 and 120 days) x 2 association modality (mulberry-grasses and mulberry-leucaena-grasses) x 2 pruning strategies (without pruning and pruning), for repeated measures in the time and 4 replications per sub-plot. Additionally, was considered the effect of the

(2003). La cuantificación de esteroides (ET) se realizó según la metodología descrita por García *et al.* (2008), mediante el método de formación de compuestos coloreados, utilizando como patrón analítico al beta-sitosterol. Las saponinas (Sap) se determinaron mediante la metodología desarrollada por Hiai *et al.* (1976), usando vainillina en medio ácido.

Diseño experimental, tratamiento

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas divididas y arreglo factorial: 3 nivel de fertilización (0, 132 y 264 g N.planta.año⁻¹) x 3 frecuencia de pastoreo (cada: 60, 90 y 120 días) x 2 modalidad de asociación (morera-pastos y morera-leucaena-pastos) x 2 estrategias de poda (con poda y sin poda), para medidas repetidas en el tiempo y 4 réplicas por subparcela. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el efecto del año de explotación y la época. El número total de mediciones, estuvo en función de la periodo de descanso y el mes de inicio de la evaluación para cada frecuencia.

Procesamiento de los datos y análisis estadísticos

El procesamiento de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 10.0 (versión en español) para Window[®] (Visauta, 1998), mediante las indicaciones realizadas por Medina *et al.* (2010a,b).

El procesamiento de los resultados, en los casos que involucraron diseños factoriales, se realizó utilizando la opción GLM (modelo lineal general) del paquete SPSS 10.0, empleando para la comparación de medias de rango múltiple de Duncan a $P < 0,05$ (Duncan, 1955).

explotación year and the season. The total number of measures was in function of the resting period and the initiation month of the evaluation for each frequency.

Data processing and statistical analyses

The data processing was done using the statistical package SPSS 10.0 (Spanish version) for Windows[®] (Visauta, 1998), with the indications done by Medina *et al.* (2010a,b)

The processing of the results in the cases that involved the block designs, was done using the GLM option (general lineal model) of the package SPSS 10.0, employing for the mean comparison the Duncan multiple rank test at $P < 0.05$ (Duncan, 1955).

Results and discussion

None significant interactions were observed among the evaluated factors for any of the variables ($P < 0.05$); excepting the grazing frequency x pruning strategy x fertilization for the availability of the total biomass and the availability of the edible biomass.

Availability of the biomass

The effect of the studied factors on the availability of the biomass of *M. alba* are shown on table 1.

The exploitation year only produced significant effect on the availability of the total biomass and woody stems of *M. alba* ($P < 0.05$). The availability values of the total and edible biomass oscillated from 193-210 and 156-159 g of MS.plant⁻¹ respectively, mean rank that is very superior to the informed by Medina (2004) (54-102 g of MS.plant⁻¹) in a

Resultados y discusión

No se observaron interacciones significativas entre los factores evaluados para ninguna variable ($P < 0,05$); exceptuando la Frecuencia de pastoreo x Estrategia de poda x Fertilización para la disponibilidad de biomasa total y la disponibilidad de biomasa comestible.

Disponibilidad de la biomasa

El efecto de los factores estudiados en la disponibilidad de biomasa de *M. alba* se muestra en el cuadro 1.

El año de explotación sólo produjo efecto significativo en la disponibilidad de biomasa total y de tallos leñosos de *M. alba* ($P < 0,05$). Los valores de disponibilidad de biomasa total y comestible oscilaron entre 193-210 y 156-159 g de MS.planta⁻¹ respectivamente, rango medio muy superior al informado por Medina (2004) (54-102 g de MS.planta⁻¹) en una plantación de morera sometida a pastoreo bajo diferentes densidades de siembra. También son superiores al obtenido por Noda *et al.* (2007), quienes evaluaron la producción de forrajes con diferentes espaciamientos y alturas de poda en un sistema de corte y acarreo (50-118 g de MS.planta⁻¹).

La dinámica decreciente de la disponibilidad de la biomasa total de la morera corresponde a una respuesta común en las leñosas arbóreas sometidas a defoliaciones y pastoreos sucesivos y ha sido observada en morera bajo sistema de corte y acarreo y en otras leñosas (Papanastasis *et al.*, 1998; Medina, 2004). Estos observaron que durante el primer año de explotación la plantación expresó su máximo

mulberry plantation submitted to grazing under different sow conditions; and were also superior to those obtained by Noda *et al.* (2007), who evaluated the fodder production with different spaces and cut's height in a cut-carry system (50-118 g of MS.plant⁻¹).

The decrement dynamic of the availability of the mulberry total biomass corresponds to a common response in the woody arboreal submitted to defoliations and successive grazing, and has been observed in mulberry under cut-carry systems and other woody species (Papanastasis *et al.*, 1998; Medina, 2004). These authors observed that during the first year of exploitation, the plantation expressed its maximum vigor with a tendency to reduce in the time, effect conditioned by the highest quantity of reservoir substances accumulated during the stand-by time on the establishment. This direct relation between the reservoir components in the production of biomass and the strength of the resprouting in arboreal plants has been mentioned by García *et al.* (2001).

Nevertheless, the edible biomass kept a steady behavior in the time of evaluation. Such stability evidences that the handle to which was submitted the plantation, was generally sustainable and did not constitute a negative aspect that would influence in the availability of the fodder, also, is added the variety used in this essay (Criolla-Venezolana), which showed a fast growth, a robust and leafy architecture, plus the recovery capacity of the specie to the cut and browsing and the optimal usage of the nutrients' supply of the soil. The lower

Cuadro 1. Efecto de los factores estudiados en el comportamiento de la disponibilidad de biomasa de *M. alba* durante la etapa de pastoreo.

Table 1. Effect of the studied factor on the availability behavior of *M. alba* biomass during browsing.

Factor	Nivel	BTg MS/p	BCg MS/p	BHg MS/p	BTTg MS/p	BTLg MS/p	BC/BT (%)
Año	1	210,27a	156,38	121,73	34,65	53,89a	74,37
	2	205,32b	168,06	134,08	33,98	37,26b	81,85
	3	193,11c	159,30	126,77	32,53	33,81b	82,49
EE± Época	PLL	6,6**	9,8NS	6,9NS	4,3NS	5,1*	9,2NS
	PPLL	214,66a	187,33a	84,33a	103,0a	27,33b	87,27a
EE± Modalidad	M+P	110,72b	50,00b	10,00b	40,00b	60,72a	45,16b
	M+L+P	28,9**	27,0*	19,8**	14,7**	12,8**	7,8**
EE± Estrategia	Sin poda	144,10b	103,3b	26,77b	76,53b	40,80	71,69b
	Con poda	254,33a	224,06a	117,68a	106,3a	30,27	88,10 ^a
EE± Fertilización (g de N/planta.año ⁻¹)	0	28,6**	26,8**	19,1**	11,4*	10,1NS	8,4*
	132	161,06a	161,06a	161,06a	28,62b	48,83a	79,53b
EE± Frecuencia de pastoreo (días)	60	32,08b	2,24b	32,08b	70,61a	2,24b	98,76a
	90	18,2*	14,9*	18,2*	14,9*	1,6*	8,4*
EE± Frecuencia de pastoreo (días)	120	Interacción significativa (P<0,05)		11,74c	23,39b	26,29a	57,20c
				75,48b	31,95b	29,01a	78,74b
EE±				113,18a	65,06a	21,31b	89,32 ^a
				15,1*	13,7*	8,8*	7,6**
EE±	60			7,31b	10,83c	5,00b	27,31b
	90			48,20a	65,54b	65,36a	48,20 ^a
EE±	120			43,16a	108,2a	54,24a	43,16 ^a
				12,6**	1,2**	11,6**	8,6**

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas a P<0,05. * (P<0,05), ** (P<0,01), NS: no significativo. EE: error estándar, PLL: periodo lluvioso, PPLL: periodo poco lluvioso, L: leucaena, M: morera, P: pastos, BT- Biomasa total, BC- Biomasa comestible, BH- Biomasa de hojas, BTT- Biomasa de tallos tiernos, BTL- Biomasa de tallos leñosos.

vigor, con tendencia a disminuir con el tiempo, efecto condicionado por la mayor cantidad de sustancias de reservas acumuladas durante el tiempo de reposo del establecimiento. Esta relación directa entre los componentes de reservas en la producción de biomasa y la fortaleza del rebrote en las plantas arbóreas ha sido señalada por García *et al.* (2001).

No obstante, la biomasa comestible mantuvo un comportamiento estable en el tiempo de evaluación. Dicha estabilidad evidencia que el manejo al cual fue sometida la plantación, de forma general, fue sostenible y no constituyó un aspecto negativo que influyera en la disponibilidad de follaje, a esto se añade la variedad utilizada en el ensayo (Criolla-Venezolana), la cual manifestó un rápido crecimiento, una arquitectura robusta y frondosa; aunado a la capacidad de recuperación de la especie ante el corte y ramoneo y al aprovechamiento óptimo del suministro de nutrientes al suelo. La menor cantidad de tallos leñosos encontrada en el último año de evaluación se debe fundamentalmente al efecto de las podas y pastoreos continuos, lo cual permitió una renovación constante de material lignificado y, a su vez, que la planta utilizara las reservas para un mayor rebrote y tejido joven.

En sentido general, la morera asociada tuvo una producción de biomasa aceptable para este tipo de sistema, si se compara con las obtenidas en otras arbóreas forrajeras ampliamente utilizadas bajo pastoreo como *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbbeck*. Los valores obtenidos se encuentran muy alejados de las producciones forrajeras de mo-

quantity of woody stems found on the last year of evaluation is mainly due to the effect of the continuous pruning and grazing, which allowed a constant renovation of the lignified material, and at the same time, that the plant would use the reservoirs for a better re-sprouting and young tissue.

Generally, the associated mulberry had an acceptable biomass production for this type of system, if compared to those obtained with fodder arboreal widely used for grazing such as *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Albizia lebbbeck*. The values obtained are very far from the fodder production of mulberry in Central America and the Caribbean; however, must be highlighted that such requirements have been obtained in cut-carry systems, agro-forestry modality where the plantation is densely sowed, with an intense control of grasses and more frequent applications of fertilizers and irrigation.

On the other side, were observed slightly significant differences on the biomass availability in function of the season ($P < 0.01$). The highest availability of the total biomass and the edible fractions was observed in the rain ($P < 0.01$), while, in the dry season the mulberry exhibited a higher production of woody stems and lower percentage of the edible biomass ($P < 0.01$), in function of the total biomass.

On this matter, numerous researches carried out using mulberry have showed the seasonality that the specie has regarding its biomass production, since in the season with lower precipitations, the nutrients

rera en Centroamérica y el Caribe; sin embargo, hay que destacar que dichos rendimientos han sido obtenidos en sistemas de corte y acarreo, modalidad agroforestal en la cual la plantación esta densamente sembrada, existe un control intensivo de malezas y con aplicaciones más frecuentes de fertilizantes y riego.

Por otra parte, se observaron diferencias medianamente significativas en la disponibilidad de biomasa en función de la época del año ($P<0,01$). La mayor disponibilidad de biomasa total y de sus fracciones comestibles se observó en la lluvia ($P<0,01$), mientras que en la época de seca la morera exhibió mayor producción de tallos leñosos y el menor porcentaje de biomasa comestible ($P<0,01$), en función de la biomasa total.

Al respecto, en numerosas investigaciones llevadas a cabo con morera se ha demostrado la estacionalidad que presenta la especie en cuanto a su producción de biomasa; ya que en la época de menores precipitaciones los nutrimentos no se encuentran disponibles para que ésta exhiba una buena producción de follaje, considerando su elevada dependencia de la fertilidad del suelo para su óptimo crecimiento. Es conocido que la humedad edáfica desempeña un papel primordial en la potencialidad hídrica de las plantas, ya que al disminuir el potencial hídrico de las hojas se reduce la velocidad de crecimiento y el rango de formación de rebrotes y tejido fotosintético; razón por la cual el desarrollo de la biomasa posiblemente se exprese de diferente forma en cada época y año.

Aunque la información disponible generada en el trópico, sobre el efecto de las condiciones ambientales en

are not available, thus, it does not show a good foliage production, considering its elevated dependence of the soil's fertility for its optimum growth. It is well known that the soil humidity has an important role in the water potentiality of the plants, since when reducing the water potential of the leaves are also reduced the growth velocity and the formation rank of the re-sprouts and photo-synthetic tissue; reason for which the development of the biomass is expressed differently on each season and year.

Even though the available information in the tropic on the effect of the environmental conditions in mulberry is related to sericulture, and cut carry systems; in the multi-associations conditions described on this experiment also shows the same conclusion of the fodder seasonality, even when during the year are defined two rainy peaks spaced in between.

Regarding the association, was observed a higher availability of the total biomass, their edible components and the edible biomass/total biomass relation in the multi-associate system, compared to the simple mulberry-grasses association. However, none significant differences were found on the availability of woody stems between modalities ($P<0.05$).

With the obtained results can be confirmed what Iglesias and Hernández (2005) posed, who affirm that in these systems, when are well handled, are presented elevated and steady availabilities of dry matter in both the woody and gramineae species, plus the positive evolution of the soil. This situation is due to the fact that in the multi-associations is formed a

la morera, se encuentra asociada con sistemas para la sericultura y de corte y acarreo; en las condiciones de multiasociación descritas en este experimento también se llega a la misma conclusión de estacionalidad forrajera, aún cuando durante los años de evaluación se encontraron definidos dos picos de lluvia espaciados entre sí.

Respecto al efecto de la forma de asociación, se observó una mayor disponibilidad de biomasa total; de sus componentes comestibles y de la relación biomasa comestible/biomasa total en el sistema multiasociado, comparado con la asociación simple morera-pastos. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la disponibilidad de tallos leñosos entre modalidades ($P < 0,05$).

Con los resultados obtenidos se puede confirmar lo planteado por Iglesias y Hernández (2005), quienes afirman que en estos sistemas, cuando son bien manejados, se manifiestan elevadas y estables disponibilidades de materia seca tanto en las leñosas como las gramíneas, aunado a una evolución positiva del suelo. Esta situación está dada por el hecho de que en las multiasociaciones se forma una comunidad vegetal donde convergen diversidad de especies como gramíneas, leguminosas herbáceas y volubles con diferentes comportamiento estacional, hábito de crecimiento donde cada uno actúan de forma armónica e integral propiciándose la autonutrición y sostenibilidad a través de la fijación de nitrógeno atmosférico por las leguminosas, la extracción desde los horizontes más profundos de otros minerales por las raíces de los árboles, la deposición en la superficie de un arica hoja-

vegetal community where converge diversity of species such as gramineae, herbaceous and voluble legumes with different station behavior, growth habit where each act harmonically and integrally propitiating the self-nutrition and sustainability through the fixation of atmospheric nitrogen by the legumes, the extraction from the deepest horizons of other minerals from other trees' roots and the deposition in the surface of a rich leaflet and the excreted of the animals that improve the natural fertility of the soil.

This favorable environment allowed that mulberry could potentiate its vigor, showed in a higher production of the biomass. On the other hand, in relation to the positive or not positive effect of leucaena on mulberry, it is speculative to assure a beneficial influence regarding the additional fertility by hands of leucaena, since none researches have been done that could corroborate this procedure, but it was proved the nitrogen fixation of this legume from the establishment phase by the presence of active nodules with a radial distribution at a prudential distance from the main root (Medina *et al.*, 2010b); response that suggest the possibility of a positive collateral effect.

Nevertheless, it has been carried out lots of researches that show the contribution of the atmospheric nitrogen of leucaena to the system, out of which can be cited Camaro *et al.*, (2004), who when evaluating the nitrogen fixation for *L. leucocephala*, *G. sepium* and *A. lebbeck* and their transference to the associated graminea, proved that leucaena can fix until 200 kg of N7ha.year⁻¹ and supply

rasca y la presencia de las excretas de los animales que contribuyen a mejorar la fertilidad natural del suelo.

Este ambiente favorable permitió que la Morera pudiera potenciar su vigor, manifestado en una mayor producción de biomasa. Con relación al efecto positivo o no de la leucaena sobre la morera, resulta especulativo aseverar una influencia benéfica en cuanto a la fertilidad adicional por parte de la leucaena, ya que no se realizaron estudios que pudieran comprobar este proceso, pero sí se constató la fijación de nitrógeno de esta leguminosa desde la etapa de establecimiento por la presencia de nódulos activos con una distribución radial a una distancia prudencial de la raíz principal (Medina *et al.*, 2010b); respuesta que sugiere la posibilidad de un efecto colateral positivo.

No obstante, se han realizado muchos estudios que demuestran el aporte de nitrógeno atmosférico de la leucaena al sistema, dentro de los cuales podemos citar más recientemente a Camacaro *et al.* (2004) quienes al evaluar la fijación de nitrógeno por *L. leucocephala*, *G. sepium* y *A. lebeck* y su transferencia a la gramínea asociada, demostraron que la leucaena puede fijar hasta 200 kg.de N.ha.año⁻¹ y suministrar a la gramínea aproximadamente un 40%. También en otros trabajos donde se asoció la Morera con otras leguminosas herbáceas y arbóreas forrajeras, se han obtenido respuestas favorables en la producción de biomasa de la morera y sin diferencias estadísticas entre tratamientos con fertilización química y asociada (Martín *et al.*, 2000; Pentón *et al.*, 2007).

Por otra parte, la interacción estrategia de poda x fertilización x fre-

the graminea approximately 40%. Also, in other researches where was associated mulberry to other herbaceous and arboreal fodder legumes, have been obtained favorable responses in the production of the mulberry biomass and without statistical differences between treatments with chemical and associated fertilization (Martín *et al.*, 2000; Pentón *et al.*, 2007).

On the other hand, the strategic interaction pruning x fertilization x grazing frequency was moderately significant for the availability of the total biomass and edible biomass ($P < 0.01$).

The highest availability of the total biomass and the edible foliage was observed in plants without pruning, fertilized with 132 and 264 of N.plant.year⁻¹ and browsed every 90 and 120 days (figures 1 and 2). In the case of pruned plants, the best results were obtained with fertilized plants with 264 g of N.plant.year⁻¹ and browsed every 120 days. In all cases, non-fertilized plants and grazed with the most intense frequency exhibited the lowest quantity of the total biomass. The relevance of the interaction, regarding the availability of the biomass, proves the importance of considering integrally these three factors when handling the specie, when submitted to grazing conditions.

The results obtained show the importance of the fertilization applied to the plant, even when the availability of the fodder did not present differences with the combinations of the pruning modalities and the grazing frequency between the applied doses (132 and 264 g of N.plant.year⁻¹). Also, it is proved

cuencia de pastoreo fue medianamente significativa para la disponibilidad de biomasa total y biomasa comestible ($P < 0,01$).

La mayor disponibilidad de biomasa total y follaje comestible se observó en las plantas sin podar, fertilizadas con 132 y 264 g de N.planta.año⁻¹ y pastoreadas cada 90 y 120 días (figuras 1 y 2). En el caso de las plantas podadas, los mejores resultados se obtuvieron con las plantas fertilizadas con 264 g de N.planta.año⁻¹ y pastoreadas cada 120 días. En todos los casos, las plantas no fertilizadas y pastoreadas con la frecuencia más intensa exhibieron la menor cantidad de biomasa total. La relevancia de la interacción, en cuanto a la disponibilidad de biomasa, denota la importancia de tener en cuenta de forma integrada estos tres factores en el manejo de la especie, cuando es sometida a condiciones de pastoreo.

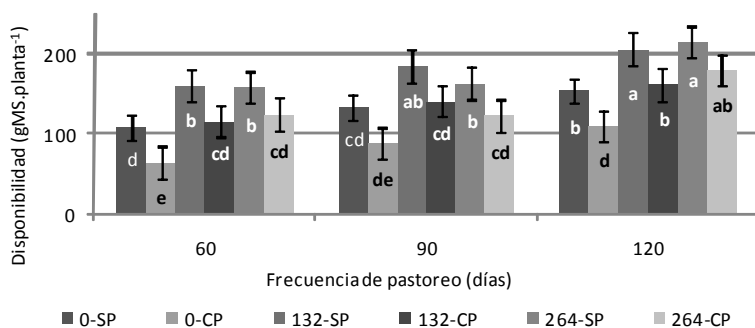
Los resultados obtenidos muestran la importancia de la fertilización aplicada a la planta, aún cuando la disponibilidad de forraje no presentó diferencias con las combinaciones de la modalidad de poda y la frecuencia de pastoreo entre las dosis aplicadas (132 y 264 g de N.planta.año⁻¹). También sugieren que la morera, a los 90 días de rebrote, aún no se ha recuperado totalmente del pastoreo y la poda subsecuente cuando es cortada a 50 cm de altura, ya que las plantas no podadas respondieron mejor en términos de disponibilidad de biomasa, que las sometidas al régimen de poda. Por último; se comprobó que sólo las plantas pastoreadas cada 120 días y fertilizadas con la mayor dosis son capaces de recuperarse adecuadamente para un nuevo ciclo.

that mulberry 90 days after the re-sprout, has not fully recovered of the browsing and grazing, the subsequent grazing is done at 50 cm of height, since the uncut plants responded better in terms of availability of the biomass than those submitted to a pruning regime. Finally, it was proved that not only the plants browsed every 120 days and fertilized with the highest doses are capable of recovering adequately for a new cycle.

These results describe that under experimental conditions the 60-days grazing frequency is inadequate, independently of the fertilization dose and the pruning strategy used, and the 90-days browsing that will be used and the 90-days browsing must be done in function of the spaced prunes with more than 3 months.

The fertilization dependence constitutes a ratified aspect for the behavior that the specie presented on browsing conditions. However, it must be said that with the lowest doses of fertilizer was obtained an outstanding result, aspect with an elevated practical and economical meaning. Additionally, the usage of organic manure, compared to the chemical, constitutes a relevant aspect on the integrated production systems that involve animals, on the base of doing a better usage of the wastes generated on these systems and care the environment, even when the nitrogen availability of the organic manure depends on the mineralization velocity of it (Medina, 2004; Medina *et al.*, 2010a,b).

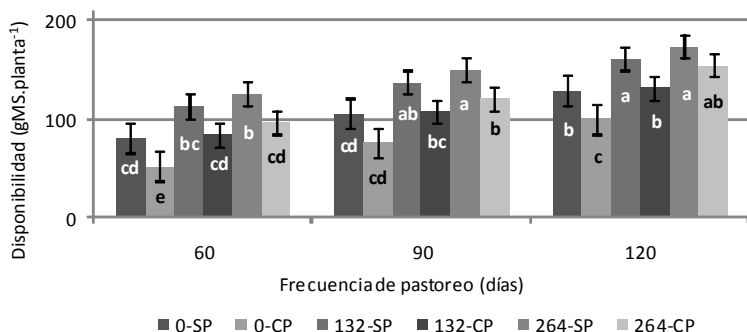
On the other hand, was obtained a higher availability of leaves and woody stems in non-pruned plants and



Medias con diferentes letras entre tratamientos presentan diferencias significativas a $P < 0,05$.
 SP: sin poda, CP: con poda
 0-Sin fertilizar; 132-g de N.planta.año⁻¹; 264- g de N.planta.año⁻¹

Figura 1. Interacción Frecuencia de pastoreo x Estrategia de poda x Fertilización en la disponibilidad de biomasa total de *M. alba* durante la fase de pastoreo.

Figure 1. Browsing frequency interaction x Pruning strategy x Fertilization on the availability of the total biomass of *M. alba* during browsing.



Medias con diferentes letras entre tratamientos presentan diferencias significativas a $P < 0,05$.
 SP: sin poda, CP: con poda 0-Sin fertilizar; 132-g de N.planta.año⁻¹; 264- g de N.planta.año⁻¹

Figura 2. Interacción frecuencia de pastoreo x Estrategia de poda x Fertilización en la disponibilidad de biomasa comestible de *M. alba* durante la fase de pastoreo.

Figure 2. Browsing frequency interaction x Pruning strategy x Fertilization on the availability of the edible biomass of *M. alba* during browsing.

Estos resultados describen que, en las condiciones experimentales, la frecuencia de pastoreo de 60 días es inadecuada, independientemente de la dosis de fertilización y la estrategia de poda que se utilice y, que el pastoreo cada 90 días, se debe realizar en función de podas espaciadas a más de tres meses.

La dependencia de la fertilización constituye un aspecto ratificado por el comportamiento que presentó la especie en condiciones de pastoreo. Sin embargo, se debe señalar que con la dosis más baja de fertilizante se obtuvo un resultado sobresaliente, aspecto de elevada significación práctica y económica. Adicionalmente, el uso del abono orgánico, en comparación con el químico, constituye un aspecto relevante dentro de los sistemas integrados de producción que involucran animales, sobre la base de realizar un mejor uso de los desechos generados en estos sistemas y procurar un mejor cuidado del medio ambiente; aún cuando la disponibilidad de nitrógeno del abono orgánico depende de la velocidad de mineralización de éste (Medina, 2004; Medina *et al.*, 2010a,b).

Por otra parte, se obtuvo mayor disponibilidad de hojas y tallos leñosos en las plantas no podadas y mayor cantidad de tallos tiernos y porcentaje de fracción comestible en las plantas sometidas a la poda ($P < 0,01$).

En sentido general, se observó una mayor disponibilidad de las fracciones de biomasa comestible a medida que aumentó la dosis de fertilización y disminuyó la frecuencia de pastoreo, exceptuando el comportamiento de los tallos leñosos, lo cual ratifica el hecho del efecto positivo de la fertiliza-

higher quantity of tender stems and percentage of edible fractions in pruned plants ($P < 0.01$).

Generally, was observed a higher fractions' availability of the edible biomass at the time that increased the fertilization dose and reduced the browsing frequency, excepting the behavior of woody stems, which ratifies the fact of the positive effect of the fertilization and the adverse consequences of continuous browsing in the agronomic behavior of *M. alba*

Chemical composition of the biomass

None interactions were observed among the evaluated factors for any of the variables. The year of the exploitation, the association modality and fertilization did not influence on any of the quantified chemical association variables in the edible biomass of mulberry during the exploitation phase ($P > 0.05$) (table 2); results that do not agree to those describes by some authors in relation that the fertilization in mulberry influence on the chemical composition of the biomass, when this is sowed in cut-carry systems. On this matter, García *et al.* (2006) in researches developed with organic manure informed the marginal effect of this factor on the chemical composition of leaves and tender stems, response that is associated to the type of fertilizer, the mineralization process of main nutriments respect to the season and physiological state of the plant (García, 2003). However, the growth of mulberry is associated systems submitted to exploitation with ruminants may condition other response, from the proximal and

Cuadro 2. Efecto de los factores evaluados en la composición química (%) de la biomasa comestible de *M. alba* durante la etapa de pastoreo.

Table 2. Effect of the evaluated factors on the chemical composition (%) of the edible biomass of *M. alba* during browsing.

Factor	Nivel	PB	PV	PB-FDN	PB-FDA	PS	FDN	FDA	Lign	Ca	P
Año	1	20,14	15,87	12,65	6,38	6,99	38,53	31,73	9,48	3,58	0,22
	2	21,43	16,00	12,38	5,78	7,37	39,95	30,07	8,70	3,73	0,20
	3	22,01	16,21	11,83	6,09	7,23	41,83	29,79	9,50	3,94	0,21
EE±	PLL	1,3NS	2,0NS	1,0NS	0,9NS	0,6NS	5,2NS	3,8NS	0,9NS	0,5NS	0,07NS
	PPLL	21,73	16,84	12,65	6,99	6,38	39,48	26,86	8,96b	3,28	0,59
Modalidad	L+P	21,39	15,27	11,83	7,23	6,09	39,90	25,87	12,98a	3,94	0,58
	L+M+P	1,4NS	1,5NS	0,9NS	0,9NS	0,9NS	3,7NS	4,8NS	1,0**	0,8NS	0,2NS
Estrategia	Sin poda	22,08	15,76	12,50	6,64	6,36	40,32	29,85	8,95	3,86	0,43
	Con poda	22,08a	15,76a	12,50a	7,39a	6,36b	34,64b	21,87b	8,90	3,78	0,44
Fertilización N	0	1,2**	1,3**	1,0**	0,4**	0,1*	3,7**	2,6**	1,0**	0,1*	0,3NS
	132	20,08	15,38	12,50	6,64	6,40	38,00	32,00	8,90	3,74	0,56
	264	21,47	15,83	12,87	6,57	6,49	38,53	31,73	9,48	3,88	0,49
Frecuencia de pastoreo (días)	60	20,53	15,21	12,90	6,50	6,67	39,90	31,76	8,70	3,73	0,58
	90	1,5NS	0,7NS	0,8NS	0,6NS	0,5NS	0,9NS	0,8NS	0,8NS	0,2NS	0,2NS
EE±	60	22,98a	15,99a	13,86a	6,63a	6,47	32,75c	22,42b	6,16c	3,09b	0,57
	90	18,43b	12,87b	11,59b	6,54a	6,39	38,81b	26,35b	6,37b	3,64a	0,65
	120	16,23c	10,89c	11,64b	5,75b	6,57	43,74a	31,37a	9,96a	3,61a	0,47
		1,2**	1,2**	1,7**	0,4*	0,2NS	0,9*	2,1**	1,6**	0,2*	0,3NS

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas a $P < 0,05$. * ($P < 0,05$), ** ($P < 0,01$)
 NS: no significativo, % de N.planta.año⁻¹, EE: error estándar, PLL: periodo lluvioso, PPLL: periodo poco lluvioso, L: leucaena, M: morera,
 P: pastos, PB: proteína bruta, PV: proteína verdadera, PB-FDN: proteína bruta unida a la fibra detergente neutro, PB-FDA: proteína bruta
 unida a la fibra detergente ácido, PS: proteína soluble, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, Lign: lignina, Ca: calcio,
 P: fósforo

ción y las consecuencias adversas de los pastoreos poco espaciados en el comportamiento agronómico de *M. alba*.

Composición química de la biomasa

No se observaron interacciones entre los factores evaluados para ninguna de las variables. El año de explotación, la modalidad de asociación y la fertilización no influyeron en ninguna de las variables químicas cuantificadas en la biomasa comestible de la morera durante la fase de explotación ($P > 0,05$) (cuadro 2). Resultados que, en parte, no coinciden con los descritos por algunos autores en relación a que la fertilización en la morera influye en la composición química de la biomasa, cuando ésta es cultivada en sistemas de corte y acarreo. En este sentido, García *et al.* (2006) en investigaciones desarrolladas con abono orgánico informó el efecto marginal de este factor en la composición química de las hojas y los tallos tiernos, respuesta que se encuentra asociada al tipo de fertilizante, el proceso de mineralización de los principales nutrimentos respecto a la época y el estado fisiológico de la planta (García, 2003). Sin embargo, el crecimiento de la morera en sistemas asociados, sometida a explotación con rumiantes, quizás condicione otra respuesta, desde el punto de vista del metabolismo primario y secundario, en función de la dinámica de nutrimentos y la fisiología de la especie en esas condiciones. Adicionalmente, es sensato considerar que la variación en la composición química de la biomasa en las arbóreas y arbustivas es más discreta que la observada en los pastos, independientemente del manejo al cual se encuentren sometidas (Torales e Iglesias, 2008).

secondary metabolism point of view, in function to the dynamic of nutriments and the physiology of the chemical composition of the biomass in arboreal, and in shrubs in more discrete than the observed in grasses, independently from the handle used (Torales and Iglesias, 2008)

On the other hand, in the dry season was observed a higher content of lignin (12.98 %) ($P < 0.01$), associated to the lowest growth and biomass production in this climatic period that induces to a faster lignification, comparatively when the specie grows quickly and produces higher quantity of biomass; this aspect has been mentioned by García (2003) who studied the distribution of the cell wall components of *M. alba* and its relation to the season of the year.

In other sense, in pruned plants was observed a higher nitrogen fraction (PB: 22.08; PV: 15.76; PB-FDA: 12.50; PS: 6.36%), lower proportion of components associated to the cell wall (FDN: 34.64; FDA: 21.87 and lignin: 8.02%) and higher concentration of the poly-phenol fraction and total sterols ($P < 0.05$). However, Ca contents were superior in the biomass of non-pruned plants ($P < 0.05$), related to the intrinsic characteristics of this macro element of having little mobility in the plant and accumulating in the old tissues. Additionally, the P concentration was not observed by the pruning strategy used ($P > 0.05$). On this matter, it is well known that the concentration of all the secondary metabolites are not affected by the agronomic and environmental factors, but those that exhibit some eco-physiological defense

Por otra parte, en la época de menores precipitaciones se observó mayor contenido de lignina (12,98%) ($P < 0,01$), asociado al menor crecimiento y producción de biomasa en este periodo climático que induce a una lignificación más rápida, de forma comparativa a cuando la especie crece aceleradamente y produce mayor cantidad de biomasa; este aspecto ha sido señalado por García (2003) quien estudió la distribución de los componentes de la pared celular de *M. alba* y su relación con la época del año.

En otro sentido, en las plantas podadas se observó mayor fracción nitrogenada (PB: 22,08; PV: 15,76; PB-FDA: 12,50; PS: 6,36%), menor proporción de componentes asociados con la pared celular (FDN: 34,64; FDA: 21,87 y lignina: 8,02%) y mayor concentración de fracción polifenólica y de esteroides totales ($P < 0,05$). Sin embargo, los contenidos de Ca fueron superiores en la biomasa de las plantas sin podar ($P < 0,05$), relacionado con las características intrínsecas de este macroelemento de presentar poca movilidad en la planta y acumularse en los tejidos de elevada edad. Adicionalmente, la concentración de P no se afectó por la estrategia de poda utilizada ($P > 0,05$). En este sentido, es conocido que la concentración de todos los grupos de metabolitos secundarios no se afectan de forma unísona con los principales factores agronómicos y ambientales, sino que sólo aquellos que exhiben alguna función ecofisiológica de defensa ante el ataque de predadores o de regulación metabólica se afectan por la influencia de estímulos externos tanto climáticos como edáficos (García, 2003; García *et al.*, 2011).

function towards the predators attack or metabolic regulation are affected by the influence of external stimulations such as season and soil (García, 2003; García *et al.*, 2011).

The marked influence of the prune in the phyto-chemical composition of *M. alba* has been mentioned by García *et al.* (2003) in cut-carry systems. However, there are not findings about this one in particular, that could describe the influence of this factor under browsing conditions, even when the results seem to indicate that the response towards the prune is only condition to physiological procedures ruled by genetic control and not by agroecological characteristics where the specie is sowed (García 2003; García *et al.*, 2006).

The browsing frequency influenced markedly on the nutritional composition of the edible biomass, with more intense browsing was observed a higher concentration of the nitrogen fraction ($P < 0,01$), phenols ($P < 0,05$) and sterols ($P < 0,01$). Concentrations were higher with the more spaced browsing cycles, thus the fiber fraction ($P < 0,05$), of lignin ($P < 0,01$) and the calcium contents ($P < 0,05$) were superior. However, the PS, P, flavonoids and saponins levels did not show substantial variations on this factor ($P > 0,05$).

Changes of the chemical composition with the browsing frequency are conditioned by the regrowth age that the biomass was at the moment of introducing the animals, since with the less spaced frequencies the biomass is on an early-growth phase and there is higher

La influencia marcada de la poda en la composición fitoquímica de *M. alba* ha sido señalada por García *et al.* (2003) en sistemas de corte y acarreo. Sin embargo, no existen antecedentes, en cuanto a este particular, que describan la influencia de este factor en condiciones de pastoreo; aún cuando los resultados parecen indicar que la respuesta de los metabolitos secundarios ante la poda, está condicionada solamente por procesos fisiológicos regidos por control genético y no por las características agro-ecológicas en la cual se cultiva la especie (García 2003; García *et al.*, 2006).

La frecuencia de pastoreo influyó marcadamente en la composición nutricional de la biomasa comestible, con los pastoreos más intensos se observó mayor concentración de la fracción nitrogenada ($P < 0,01$), de fenoles ($P < 0,05$) y de esteroles ($P < 0,01$). Con los ciclos de pastoreos más espaciados la fracción fibrosa ($P < 0,05$), de lignina ($P < 0,01$) y los contenidos de calcio ($P < 0,05$) fueron superiores. Sin embargo, los niveles de PS, P, flavonoides y saponinas no exhibieron variaciones sustanciales con este factor ($P > 0,05$), (cuadro 3).

Los cambios de la composición química, con la frecuencia de pastoreo, se encuentran condicionados por la edad de rebrote que presentaba la biomasa en el momento de introducción de los animales; ya que con las frecuencias menos espaciadas, la biomasa se encuentra en un estadio de crecimiento temprano y existe mayor concentración de nitrógeno para la síntesis de proteína y tejido joven (García *et al.*, 2011). En contraste, con la frecuencia más espacia-

nitrogen concentration for the synthesis of protein and young tissue (García *et al.*, 2011). Contrary, with the most spaced frequency, the biomass is mainly mature and the protein tenors reduce in function of the highest ageing of tissues and lignifications; this behavior constitutes a general physiological process of the vegetal species, and on the particular case of *M. alba* has been mentioned by Medina (2004).

The highest content of polyphenol metabolites and sterols in the younger biomass of the regrowth, has been described in numerous species (García, 2003), even when not in all cases have been related to the protection processes to the pest attack; but with collateral biochemical phases for the synthesis of proximal metabolites (Valdés and Balbín, 2000).

Additionally, the values of the chemical composition agree, in general terms, to the ones informed by most of the authors who have studied the nutritive quality of *M. alba* in different soil-weather conditions (García 2003; Martín *et al.*, 2000), which indicates that the association modality of the specie exhibits a similar chemical composition when sowed on other conditions.

Conclusions

In relation to the availability values of the biomass and its fractions as well as the chemical composition of the mulberry fodder, the plant can be used in browsing-grazing systems when handled integrally in multi-associated systems, fertilize preferably with 264 N.plant.year⁻¹ and browsed

Cuadro 3. Efecto de los factores evaluados en la composición de metabolitos secundarios (%) de la biomasa comestible de *M. alba* durante la etapa de pastoreo.

Table 3. Effect of the factors evaluated on the composition of the secondary metabolites (%) of the edible biomass of *M. alba* during browsing.

Factor	Nivel	FT	Flav	ET	Sap
Año	1	2,34	1,48	3,25	1,56
	2	2,54	1,59	3,52	1,75
	3	2,63	1,75	3,32	1,74
EE±		0,6NS	0,6NS	0,5NS	0,4NS
Época	PLL	2,67	1,68	3,45	1,76
	PPLL	2,63	1,75	3,32	1,75
EE±		0,2NS	0,2NS	0,7NS	0,2NS
Modalidad	L+P	2,74	1,75	3,37	1,65
	L+M+P	2,68	1,65	3,48	1,56
EE±		0,2NS	0,1NS	0,3NS	0,2NS
Estrategia	Sin poda	2,45b	1,35b	2,74b	1,76
	Con poda	2,87a	1,68a	3,35a	1,78
EE±		0,1*	0,2*	0,4**	0,2NS
Fertilización¥	0	2,74a	1,45b	3,21	1,43
	132	2,48b	1,65a	3,39	1,56
	264	2,32b	1,75a	3,37	1,54
EE±		0,2**	0,1*	0,2NS	0,4NS
Frecuencia de pastoreo(días)	60	2,75a	1,56	3,53a	1,46
	90	2,08b	1,45	3,42a	1,38
	120	2,05b	1,60	1,47b	1,42
EE±		0,2*	0,3NS	0,2**	0,3NS

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas a $P < 0,05$. *($P < 0,05$), **($P < 0,01$).

NS: no significativo, ¥ g de N.planta.año⁻¹, EE: error estándar, PLL: periodo lluvioso, PPLL: periodo poco lluvioso, L: leucaena, M: morera, P: pastos, FT: fenoles totales, Flav: flavonoides, ET: esteroides totales, Sap: saponinas

da, la biomasa es mayoritariamente madura y los tenores proteicos disminuyen en función del mayor envejecimiento de tejidos y lignificación; este comportamiento constituye un proceso fisiológico general de las especies

every 90 to 120 days with the minimal use of strategic prunes, conditioned by the biomass availability.

End of english version

vegetales, y en el caso particular de *M. alba* ha sido señalado por Medina (2004).

El mayor contenido de metabolitos polifenólicos y esteroides en la biomasa de menor edad de rebrote, ha sido descrito en numerosas especies (García, 2003), aún cuando no en todos los casos se han encontrado relacionados con los procesos de protección ante el ataque de plagas; sino con etapas bioquímicas colaterales para la síntesis de metabolitos primarios (Valdés y Balbín, 2000).

Adicionalmente, los valores de la composición química coinciden, en términos generales, con los informados por la mayoría de los autores que han estudiado la calidad nutritiva de *M. alba* en diferentes condiciones edafoclimáticas (García, 2003; Martín *et al.*, 2000), lo cual indica que en la modalidad de asociación la especie exhibe composición química similar a cuando es cultivada en otras condiciones.

Conclusiones

Con relación a los valores de disponibilidad de biomasa y sus fracciones; así como la composición química del follaje de la morera, la planta puede ser utilizada en sistemas de pastoreo-ramoneo cuando sea manejada de forma integrada en sistemas multiasociados, fertilizada preferentemente con 264 g N.planta.año⁻¹ y pastoreada cada 90 o 120 días con el uso mínimo de podas estratégicas, condicionado por la disponibilidad de biomasa.

Literatura citada

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (11th ed.). Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C.
- Camacaro, S., J. Garrido y W. Machado. 2004. Fijación de Nitrógeno por *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbek* y su transferencia a las gramíneas asociadas. *Zootecnia tropical* 22(1):49-69
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and Multiple F test. *Biometrics*, 11: 1-15
- Espinoza, F., A. Torres y E. Chacón. 2007. Avances de investigación en *Leucaena leucocephala*. En: Memorias II Simposio sobre Tecnologías de Producción Ganadera para los Llanos Centrales de Venezuela. pp. 45
- García, D.E. 2003. Efecto de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 120 p.
- García, D.E., M.G. Medina, L.J. Cova, M. Soca, P. Pizzani, A. Baldizán y C. Domínguez. 2008. Aceptabilidad por vacunos, ovinos y caprinos de follajes tropicales en el estado Trujillo, Venezuela. En: Espinoza F., P. Argenti, N. Obispo y J. Gil (Eds.). Memorias V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Aragua, Venezuela. p. 73.
- García, D.E., Y. Noda, Medina, M.G., G. Martín y M. Soca. 2006. La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria (AIA)*, 10(1): 55-72
- García, D.E., M.G. Medina, P. Moratinos, L.J. Cova, D.A. Perdomo y T. Clavero. 2011. Influencia de la variedad, la frecuencia de corte y la fertilización en el rendimiento de proteína verdadera de morera en el estado Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 28:503-522.

- García, D.E., F. Ojeda y I.L. Montejo. 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):335-346.
- García, H., P. Negrin y L. Defontane. 2001. Dynamics of non-structural carbohydrates and biomass yield in a fodder legume tree under different harvest intensities. *Tree Physiol*. 21:523
- Hiai S., H. Oura y T. Nakajim. 1976. Color reaction of some saponinins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Medica*, 29:116-121
- Lamela, L. 1998. Métodos de muestreo y mediciones en sistemas silvopastoriles. En: Compendio de conferencias para el Diplomado en Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba
- Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 160 p.
- Martín, G., F.Reyes, I. Hernández y M. Milera. 2000. Estudios Agronómicos realizados en *M. alba*. En memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y Arbusto en la Ganadería Tropical". Varadero. Cuba. p.135
- Medina, M.G. 2004. Evaluación agronómica de una asociación de *Panicum maximum* y *Morus alba* (Linn.) en condiciones de pastoreo simulado. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 74 p.
- Medina, M.G., L. Lamela y D.E. García. 2004. Supervivencia de la morera (*Morus alba*) en una asociación sometida a pastoreo y corte. *Pastos y Forrajes*, 27(3): 241-245.
- Medina, M.G., D.E. García, T. Clavero, J. Iglesias y J.G. López. 2006. Comportamiento inicial de la morera (*Morus alba* L.) en la zona baja de los andes venezolanos. En: Memorias XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Guárico, Venezuela. p.48.
- Medina, M.G., D.E. García, P. Moratinos y L.J. Cova. 2010a. Uso de la morera (*Morus alba* L.) en sistemas de pastoreo-ramoneo mediante manejo agronómico integrado. Informe de Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Universidad de los Andes (ULA), 30 p.
- Medina, M.G., D.E. García, P. Moratinos, J.M. Iglesias y T. Clavero. 2010b. Evaluación del potencial agronómico de *Morus alba* para su inclusión en sistemas de pastoreo-ramoneo en Trujillo, Venezuela. Fijación de nitrógeno por *Leucaena leucocephala*. Informe de Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Universidad de los Andes (ULA), 20 p.
- Noda, Y., G. Martín y A.R. Mesa. 2007. Nota técnica: Influencia de la densidad de plantación en el establecimiento de la morera. *Pastos y Forrajes* 30(4): 431-436.
- Papanastasi, V.P., P.D. Platis y O. Dini-Papanastasi. 1998. Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrubs plantation. *Forest Ecology and Management*. 110:283-292
- Pentón, G., G. Martín, A. Pérez y Y. Noda. 2007. Comportamiento morfoagronómico de variedades de Morera (*M. alba*) durante el establecimiento. *Pastos y Forrajes*, 30(3): 315-321
- Ruíz, T y G. Febles. 2006. Agrotecnia para el fomento de sistemas con leguminosas. En: Recurso forrajeros herbáceos y arbóreos. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. pp.103
- Sánchez, M.D. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. En: FAO (Ed) Animal Production and Health Paper. N° 147. FAO, Roma. pp. 1-8.
- Toral, O. 2005. La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En: El silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizales. (Simón, L. Ed.). EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. pp. 34-47.

- Toral, O. y J.M. Iglesias. 2008. Selectividad de especies arbóreas potencialmente útiles para sistemas de producción ganaderos. *Zootecnia Tropical* 26(3):197-200.
- Valdés, R. y M.I. Balbín. 2000. Curso: Fisiología y Bioquímica Vegetal. Edt: UNAH, La Habana, Cuba, 89 p.
- Van Soest, P., J. Robertson y B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597
- Visauta B. 1998. Análisis Estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante. Mc-Graw-Hill-Interamericana. Madrid, España.