

Evaluación del potencial agronómico de *Morus alba* para su inclusión en sistemas de pastoreo-ramoneo en Trujillo, Venezuela. Variabilidad y relación entre variables descriptoras

Agronomic potential evaluation of *Morus alba* for their inclusion in browsing-grazing systems in Trujillo, Venezuela. Variability and relationship among descriptor variables

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

Mediante el análisis de componentes principales (ACP) se evaluó la variabilidad y la relación de variables relacionadas con el desempeño de la morera (*Morus alba*) en diferentes modalidades de asociación con leucaena (*Leucaena leucocephala*) y pastos durante tres años de explotación en el estado Trujillo, Venezuela. Se evaluaron 27 variables asociadas al comportamiento morfoestructural, la disponibilidad de biomasa; así como la composición química. En el ACP correspondiente a las variables de morfoestructura y la disponibilidad se formaron tres componentes, los cuales extrajeron el 80,435% de la variabilidad total. Los indicadores que explicaron mejor la varianza fueron la disponibilidad de biomasa total, comestible y de hojas, el número de ramas, la sobrevivencia y los síntomas de enfermedades; todas relacionadas positivamente entre sí. En el ACP de las variables asociadas con la composición química de la biomasa se formaron cinco componentes y se extrajo el 86,763% de la varianza experimental. Las variables que explicaron mejor las fluctuaciones numéricas fueron los contenidos de proteína bruta, proteína verdadera, proteína ligada a la fracción fibrosa y la fracción fibrosa

Recibido el 10-1-2011 ● Aceptado el 25-10-2012

Autor de correspondencia e-mail: dagamar8@hotmail.com

(FDN), todas relacionadas positivamente entre sí, exceptuando a la FDN. Se concluye que para evaluar el comportamiento de la morera como planta de pastoreo en un contexto silvopastoril se debe evaluar el número de ramas, la disponibilidad de biomasa, la sobrevivencia y la aparición de enfermedades, prioritariamente. Desde el punto de vista químico se deben estimar sólo algunas variables asociadas con el fraccionamiento proteico o la FDN. Sin embargo, los metabolitos secundarios mayoritarios no exhiben relevancia, exceptuando a las saponinas, para caracterizar la especie en condiciones silvopastoriles.

Palabras clave: sistema silvopastoril, análisis estadístico, componentes principales, morera.

Abstract

Using the main components analysis (ACP) were evaluated the variability and the relationship of variables related with the behavior of mulberry (*Morus alba*), in different association modalities with leucena (*Leucaena leucocephala*) and grasses during three years of exploitation in Trujillo state, Venezuela. 27 associated variables to the morpho structural behavior, the biomass availability and the chemical composition were evaluated. In the ACP corresponding to the morpho structure and the availability variables three components were formed, with 80.435% of the total variability extracted. The BT, BC and leaves availability, the number of branches, the survival and the symptoms of illnesses; all positively related to each other, explained the variance better. In the ACP associated with the chemical composition, five components were formed and 86.763% of the experimental variance was extracted. The contents of crude protein, true protein, bound protein to the fibrous fraction and the fibrous fraction (FDN), all related positively to each other, excepting the FDN, explained the numeric fluctuations better. To evaluate the behavior of the mulberry as grazing plant in a silvopastoral context could be measured the number of branches, the availability of biomass, the survival and the appearance of illnesses. From the chemical point of view should only be considered some variables associated with the protein profile or the FDN. However, the majority secondary metabolites did not exhibit relevance, excepting to the saponins content, to characterize the species under silvopastoral conditions.

Key words: silvopastoral system, statistical analysis, main components, mulberry.

Introducción

La búsqueda de estrategias nutricionales a partir del consumo, por parte de los animales, del follaje de árboles y arbustos en el contexto

Introduction

The continuous search of nutritional strategies of animals from the fodder of trees and shrubs in the context of silvopastoral systems

de los sistemas pastoriles constituye uno de los objetivos primordiales para hacer de las unidades de producción animal, basado en el uso de bajos insumos, un medio de ganancias sostenibles para los productores pecuarios de los países subdesarrollados (García *et al.*, 2008).

Durante los últimos treinta años se han desarrollado un gran número de investigaciones, con las cuales se ha intentado buscar soluciones alternativas de alimentación debido a los elevados costos de los alimentos concentrado, lo insostenible de los sistemas de alimentación basado en paquetes tecnológicos tecnificados y la estacionalidad de la gramíneas en el trópico (García *et al.*, 2009a). Sin embargo, la mayoría de las investigaciones agronómicas, zootécnicas y nutricionales presentan resultados aislados y analizados, en la mayoría de los casos, sin integrar todas las variables estudiadas paralelamente a partir de metodologías estadísticas basadas en el análisis de varianza u otros algoritmos matemáticos que no permiten visualizar cuales de las variables medidas exhiben fluctuaciones importantes y la mayor relevancia comparativa (García *et al.*, 2009b). En este sentido, los métodos multivariados, y específicamente el análisis de componentes principales (ACP), constituyen una opción viable para analizar, de forma integrada, todas las variables conjuntamente, logrando establecer las verdaderamente importantes aportando, para el diseño de investigaciones futuras, en cuales se deberían concentrar los estudios y cuáles no aportan información relevante a las investigaciones (Hidalgo, 2003).

constitutes one of the main objectives to obtain sustainable animal production units for the producers of undeveloped countries, based on the use of low inputs (García *et al.*, 2008).

During the last thirty years, lots of researches have been carried out with the aim of looking for food alternative solutions due to the increments in prices in concentrated food, the unsustainable of alimentation systems based on technological-technical software and the stationary of the gramínea in the tropic (García *et al.*, 2009a). However, most of the agronomical, zootechnical and nutritional researches present isolated results, which in most of the cases are analyzed without integrating all the parallel variables studied after statistical methodologies, based on the variance analysis or other mathematics algorithms, which do not allow visualizing which of the variables measure exhibit important fluctuations and the highest comparative relevance (García *et al.*, 2009b). On this matter, the multivariate methods, and more specifically, the analysis of main components (ACP), constitute a viable option to analyze integrally all the variables, with the purpose of establishing those really important for future researches, and those which do not provide relevant information to the researches (Hidalgo, 2003). Additionally, there is an elevate complexity of components and interactions on the silvopastoral systems, which conduct to researches focused on the estimation of many variables (Medina, 2004), in order to know deeper the behavior of the biotic

Adicionalmente, en los sistemas silvopastoriles hay una elevada complejidad de componentes e interacciones que presuponen estudios enfocados en la estimación de muchas variables conjuntamente (Medina, 2004), para así poder conocer, con mayor profundidad el comportamiento de los entes bióticos presentes, la validación de los resultados y el diseño posterior de estrategias óptimas de explotación.

En los últimos años la morera (*Morus alba* L.) se ha convertido, después de *Leucaena leucocephala*, en una de las leñosas más estudiadas, dado su elevado potencial forrajero. Sin embargo, existen pocos estudios, en el contexto de los sistemas de pastoreo ramoneo en la cual se haya evaluado su comportamiento de forma integral (Medina, 2004). Asimismo, se han realizado investigaciones previas con la especie analizando los resultados mediante el análisis de varianza (Medina *et al.*, 2010a,b). Sin embargo, no se conoce cuales de todas las variables evaluadas resultan las más útiles para el seguimiento de esta especie dentro del contexto silvopastoril.

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 algunas variables asociadas al comportamiento morfo-estructural, la disponibilidad de biomasa; así como la composición química de la Morera en condiciones silvopastoriles.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo

El experimento se desarrolló durante tres años consecutivos en un área

entidades present, the validation of the results and the posterior design of optimum exploitation strategies.

In the last years, mulberry (*Morus alba* L.) has become, after *Leucaena leucocephala*, one of the most studied woody, due to its elevate fodder potential. However, there are few researches carried out in grazing systems, where the integral behavior of mulberry has been evaluated (Medina, 2004). Likewise, previous researches have been done with the specie analyzing the results with the variance analysis (Medina *et al.*, 2010a, b). However, it is unknown which of the evaluated variables are more useful for silvopastoral systems.

On this matter, the objective of this research was to evaluate the influence of the organic fertilization, the grazing frequency, the association modality and the prune strategy in some of the variables associated to the morph-structural behavior, the availability of the biomass, as well as the chemical composition of Mulberry on silvopastoral conditions.

Materials and methods

Location of the essay

The experiment was developed for three years in a 10-year of established gramineae area, submitted to continuous grazing at the Experimental Station and Agriculture Production “Rafael Rangel” (University Campus “Rafael Rangel”), Universidad de los Andes, specifically in La Catalina area, Vega Grande, Pampán parish, Trujillo state, Venezuela. The production unit is on transition conditions of tropical dry forest to tropical wet forest, on the

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 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; Nitrógeno asimilable (%): 0,09; Carbono orgánico (%): 1,18 y Ca (cmol.kg⁻¹): 244.

En cuanto al clima, 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 *M. alba* y *L. leucocephala* en un área de gramíneas de 10 años de establecida y sometida a pastoreo continuo sin ningún tipo de manejo. La plantación y el manejo en el establecimiento de las arbóreas se realizó siguiendo la metodología sugerida por

coordinates 9°35'00" and 9°37'19" north latitude, and 70°27'00" and 70°31'39" west latitude, at a height of 270-300 masl (Medina *et al.*, 2006).

Soil and weather characteristics of the area

The experimental area has a Fluvisol, alkaline, deep and with low fertility soil. The general chemical characteristics of the soil during the evaluation phase were the following: pH (KCl): 8.15; MO (%): 1.04; assimilable nitrogen (%): 0.09; organic carbon (%): 1.18 and Ca (cmol/kg): 244.

Regarding the weather, the area presents a tropical Savannah weather, which average precipitation is lower to 52.2 mm in the driest month (June) and is not higher than 212.5 mm in the wettest month (October) (Medina *et al.*, 2006).

Sow and establishment

M. alba and *L. leucocephala* species were sowed simultaneously in a 10-year of established gramineae area, and submitted to continuous grazing without any type of handle. The plantation and handle in the establishment of the species were done following the methodology suggested by Corbea *et al.*, (2005) and Toral (2005) for woody species under silvopastoral conditions. The establishment phase lasted 8 months.

Agronomic handle

Fertilization of *M. alba*

Once established the plantation, culture handles were carried out 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) and following the procedure mentioned by

Corbea *et al.* (2005) y 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 fertilizante orgánico (0, 132 y 264 g de N.planta⁻¹.año⁻¹) y siguiendo el procedimiento señalado por Medina *et al.* (2010a) en ensayos anteriores.

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 de forma manual a una altura de 1 m, tanto para la Morera (Medina *et al.*, 2004) como para Leucaena. El cronograma de podas establecidos en función de la frecuencia de pastoreo en cada año corresponde con lo publicado por Medina *et al.* (2010b).

Manejo zootécnico

Las unidades experimentales (parcelas-potreros) fueron sometidas a pastoreos continuos, cuya frecuencia fue variable en función del tratamiento (60, 90, 120 días de descanso).

Se utilizaron vacas mestizas doble propósito Carora (Holstein x Pardo

Medina *et al.*, (2010a) in previous essays.

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

Prune of trees

This procedure was done in the middle of those trees, which were previously identified, posterior to the establishment phase, and every time the animals went out from grazing. The prune was done manually at a height of 1m, for both Mulberry (Medina *et al.*, 2004) and Leucaena. The prune scheduled, in function of the grazing frequency, corresponds to what Medina *et al.*, (2010b) published.

Livestock handle

The experimental units (plots-paddocks) were submitted to continuous grazing, which frequency varied in function of the treatment (60, 90, 120 rests days).

Double purpose first-lactation-half-breed cows were used Carora (Holstein x Pardo Suizo), with corporal condition of approximately 3 points, average alive weight 300Kg and productivity of 15 L/animal/day; submitted to a double manual milking system (4:00 am and 3:00 pm) with supplements in the afternoon.

During the three years of grazing, the animals were taken to their corresponding plots at 6:00 am and taken away at 12:00 m. During all the experimental period, 2.63 cow/he were used which meant an animal per plot, in function of the treatment and the grazing frequency to evaluate.

Suizo) de primera lactancia, con una condición corporal aproximada de 3 puntos, peso vivo promedio de 300 kg y productividad de 15 L.animal⁻¹.día⁻¹; sometidas a un sistema de doble ordeño manual (4:00 am y 3:00 pm) con oferta de suplemento en horas de la tarde.

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 de 2,63 vaca.ha⁻¹, lo que significó un animal por parcela en cada bloque, en función del tratamiento y la frecuencia de pastoreo que correspondía evaluar.

El resto de las aseveraciones zootécnicas coinciden con lo planteado por Medina *et al.* (2010a,b)

Mediciones

Se evaluaron un total de 27 variables, la forma de medición de cada una fue descrita por Medina *et al.* (2010a,b) en experimentos previos.

Variables morfoestructurales

Se evaluó el diámetro del fuste, la altura de las plantas, el número de ramas, la longitud y el diámetro de las ramas, el ancho de copa, la afectación por plagas y enfermedades y la sobrevivencia.

Disponibilidad de biomasa

Se evaluó la disponibilidad de biomasa total (BT) y de sus fracciones (comestible (BC), hojas, tallos tiernos y leñosos) además de estimar la relación BC/BT

Composición química

Las variables químicas estimadas fueron: proteína bruta (PB), proteína verdadera (PV), proteína soluble

The rests of the livestock assertions agree to what Medina *et al.* (2010 a,b) have posed.

Measures

A total of 27 variables were evaluated, and the measure way of each was described by Medina *et al.*, (2010 a, b) in previous experiments.

Morph-structural variables

Were evaluated the diameter of the shaft, the height of the plants, the number of branches, the longitude and the diameter of the branches, the width of the crown, the affectation by pests and the diseases and survival.

Availability of the biomass

The availability of the total biomass (BT) and its fractions (eatable (BC), leaves, tender and woody stems) were evaluated, and the BC/BT relation estimated.

Chemical composition

The chemical variables estimated were: raw protein (PB), true protein (PV), soluble protein (PS), Calcium (Ca) and phosphorus (P), fractioning of the cellular wall (neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), PB linked to FDN (PB-FDN), PB linked to FDA (PB-FDA), lignin, cellulose and hemicelluloses, total phenols (FT), sterols (ET) and saponins.

Processing of the data and the statistical analysis

The processing of the data was done using the statistical software SPSS 10.0 (in Spanish) for Window[®] (Visauta, 1998). The ACP was used employing the covariance matrix (option: reduction of the data) in order to study the variability, as well as to know the relationship between the descriptor variables and the weight

(PS), Calcio (Ca) y Fósforo (P), 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), fenoles totales (FT), esteroides (ET) y saponinas.

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). Para estudiar la variabilidad; así como para conocer la relación entre las variables descriptoras y el peso que tuvieron estas últimas respecto a la varianza total, se llevó a cabo el ACP (opción: reducción de datos) empleando la matriz de covarianza. Para ello se tomó el valor promedio de todas las observaciones, con lo que se conformó una matriz de comparación que incluyó integralmente todas las variables. Como criterio de selección se tomaron los vectores propios superiores a 0,70 y valores propios superiores a uno (Philippeau, 1986). En los casos necesarios, se aplicó la prueba establecida para comprobar la esfericidad de la matriz de covarianza (Visauta, 1998).

Resultados y discusión

Variables asociadas a la morfoestructura y la disponibilidad

En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos utilizando el ACP. En este sentido, la varianza total extraída mediante el análisis fue elevada (80,435%).

En la primera componente (CP1) se extrajo el 36,534% de la variabili-

these have in relation to the total variance. For this, was used the average weight of all the observations to form a comparison matrix which included all the variables. As selection criteria, were selected the own vectors superior to 0.70 and own values superior to one (Philippeau, 1986). In the necessary cases, the test established the sphericity of the covariance matrix applied (Visauta, 1998).

Results and discussion

Variables associated to the morph-structure and availability

In table 1 are shown the results obtained using ACP. On this matter, the total variance extracted from the analysis was high (80.435%).

On the first component (CP1) 36.534% was extracted of the variability, and the indicators that best explained the variance were: the availability of the total and eatable biomass, number of leaves, the number of branches, the survival and the symptoms of the diseases; all related in between. The latter described that the plants exhibited a better integral behavior during the evaluation phase, showing a higher foliar area with symptoms of diseases. This aspect ratifies the little importance of the detected pathogens during the exploitation, because the affectations were not in a considerable rank as to affect the availability of the biomass (Medina *et al.*, 2010b), similar results during this phase were reported by Toral *et al.* (2006) and Toral and Inglesias (2008) in the fodder germplasm evaluation in Cuba.

Cuadro 1. Resultados del ACP y relación entre las variables dasométricas y de disponibilidad de *M. alba*.**Table 1. ACP results and relation between the dasometric variables and the availability of *M. alba*.**

Variable	Componente Principal		
	1	2	3
Biomasa total	0,770	-0,573	-0,106
Biomasa comestible	0,752	-0,621	0,112
Biomasa hojas	0,782	-0,314	0,117
Biomasa tallos tiernos	0,310	-0,465	0,237
Biomasa tallos leñosos	-0,205	0,833	-0,127
Relación BC/BT	0,455	-0,859	0,072
Altura de la planta	0,579	0,503	0,571
Diámetro del tronco	0,603	0,666	0,223
Número de ramas	0,811	0,398	0,093
Diámetro de la rama	0,476	0,584	0,096
Longitud de la rama	-0,229	-0,388	0,707
Diámetro de la copa	0,596	0,727	0,175
Sobrevivencia	0,896	0,123	0,055
Afectación por plagas	-0,493	0,025	0,805
Síntomas de enfermedades	0,875	0,066	-0,358
Valor propio (€)	5,115	4,341	1,805
Varianza (%)	36,534	31,006	12,895
Varianza total (%)	36,534	67,540	80,435

dad y los indicadores que explicaron mejor la varianza fueron la disponibilidad de biomasa total, comestible y de hojas, el número de ramas, la sobrevivencia y los síntomas de enfermedades; todas relacionadas positivamente entre sí. Esto describe que, las plantas que exhibieron mejor comportamiento de forma integral en la fase de evaluación, presentaron mayor área foliar con síntomas de enfermedades. Aspecto que ratifica la poca importancia de los patógenos detectados en la explotación, pues las afectaciones no

The second component (CP2) explained the 31.006% of the variability and its formation contributed, in most of the cases, the availability of wood stems, the percentage of eatable fraction and the diameter of the crown. The diameter and the quantity of woody stems were negatively related to the proportion of the eatable fraction, aspect involved to the production of each fraction and the quantity of it regarding the total availability. Such results are logical if considered that the lignifications

estuvieron en un rango considerable como para que se afectara la disponibilidad de biomasa (Medina *et al.*, 2010b), resultados similares en esta etapa fueron los reportados por Toral *et al.* (2006) y Toral e Iglesias (2008) en la evaluación de germoplasma forrajero de Cuba.

La segunda componente (CP2) explicó el 31,006% de la variabilidad y en su formación contribuyeron, en mayor medida, la disponibilidad de tallos leñosos, el porcentaje de fracción comestible y el diámetro de la copa. El diámetro y la cantidad de tallos leñosos se relacionaron negativamente con la proporción de la fracción comestible, aspecto relacionado con la producción de cada fracción y la cantidad de ésta respecto a la disponibilidad total. Dichos resultados resultan lógicos si se considera que los procesos de lignificación que ocurren en la biomasa se ven acelerados cuando el follaje de la morera madura a edades superiores de 90 días (García, 2003; García *et al.*, 2006).

En la tercera componente (CP3) se extrajo el 12,895% y la mayor representación correspondió con la longitud de la rama y la afectación por plagas, relacionadas positivamente entre sí. Estos resultados describen la relevancia de la longitud de la rama de la morera, y por ende de la cantidad de hojas, en la afectación foliar por insectos-plagas en la etapa de evaluación, aún cuando la variabilidad extraída en CP3 fue discreta. Ello obedece al estrecho rango de variación en términos de valor absoluto existente en esta variable (Medina *et al.*, 2010b). En esta fase se mostraron daños en el follaje; sin embargo, esto no ocasionó grandes

processes that occur in the biomass accelerate when the fodder of the mulberry ripens at an age superior than 90 days (García, 2003; García *et al.*, 2006).

On the third component (CP3), 12.895% was extracted and the highest representation corresponded to the longitude of the branch and the affectation by pests, positively related in between. These results describe the relevance of the branch's longitude of mulberry, therefore, the quantity of the leaves in the foliar affectation by hands of insects-pests during the evaluation phase, even when the variability extracted in CP3 was discrete. This obeys to the fact of the narrow variation rank in terms of the absolute value existent on this variable (Medina *et al.*, 2010b). On this phase, damages on the foliage were evidenced; however, this did not cause big affectation on the foliar area as to have a big influence on the availability of the fodder. Therefore, it is considered that this effect did not have a great importance on the development of the plants, since the values observed on the indicators were very low, according to the scale used (Machado, 2006; Medina *et al.*, 2006). This constitutes an important aspect, because all the effects caused by any type of stress, including the already mentioned, might cause relevant qualitative and quantitative losses of the biomass, which has been discussed in different researches developed with the germplasm of this plant, as well as in gramineae and in legumes. Similar results were reported in gramineae by Olivera (2004) and Olivera *et al.*, (2007) and in legumes by Wencomo (2009).

afectaciones al área foliar como para que pudiera influir fuertemente en la disponibilidad de forraje. Por lo tanto, se considera que este efecto no influyó de forma importante en el desarrollo de las plantas, ya que los valores observados en dichos indicadores fueron muy bajos según la escala utilizada (Machado, 2006; Medina *et al.*, 2006). Esto constituye un aspecto singular, ya que los efectos ocasionados por cualquier tipo de estrés, entre ellos el mencionado, pueden ocasionar cuantiosas pérdidas en términos cuantitativos y cualitativos de la biomasa, lo que se ha discutido en varios trabajos desarrollados con germoplasma de ésta y; así como en gramíneas y en leguminosas. Resultados similares fueron reportados en gramíneas por Olivera (2004) y Olivera *et al.* (2007) y en leguminosas por Wencomo (2009).

Por otra parte, la disponibilidad de tallos tiernos, la altura de la planta y el diámetro del tronco y de la rama, no presentaron coeficientes elevados en los tres componentes que agruparon la mayor variabilidad en el ensayo. Estos resultados ponen de manifiesto que las variables señaladas no exhibieron una elevada fluctuación numérica, relacionado quizás con las características propias del ensayo o las particularidades intrínsecas de cada variable, aspecto señalado por García *et al.* (2009b) al evaluar ensayos similares mediante métodos multivariados. De cualquier forma dichas variables no constituyen descriptores adecuados para estudiar el comportamiento comparativo de la morera en sistemas silvopastoriles bajo condiciones edafoclimáticas y de manejo similares a las de esta investigación.

On the other hand, the availability of tender stems, the height of the plant and the diameter of the trunk and branch did not present elevated coefficients in the three components that grouped the highest variability on the essay. These results show that the variables mentioned did not exhibit an elevated numeric fluctuation, this may be related to the own characteristics of the essay of the intrinsic particularities of each variable, aspect mentioned by García *et al.*, (2009b) when evaluating similar essay using multivariate methods. In any case, such variables do not constitute the adequate descriptors to study the comparative behavior of mulberry in silvopastoral systems under soil-weather conditions and similar handles to the ones of the current research.

From the integral point of view, the variables with higher relevance that characterized the mulberry on the exploitation phase were: the availability of the total biomass, its fractions and the percentage of eatable fraction, the number of branches, the diameter of the branch and the crown, the survival and the symptoms of foliar diseases.

Variables associated to the chemical composition of the biomass

On table 2 are shown the results obtained using the ACP for the variables of the chemical composition of the fodder. On this matter, the total variance extracted from the analysis was high (86.763%).

On the first component (CP1) 33.190% of the variability was extracted, and the indicators that best explained the variance were the contents of PB, PV, PB-FDN, PB-FDA,

Desde el punto de vista integral, las variables de mayor relevancia que caracterizaron a la morera en la etapa de explotación fueron: la disponibilidad de biomasa total, de sus fracciones y el porcentaje de fracción comestible, el número de ramas, el diámetro de la rama y de la copa, la sobrevivencia y los síntomas de enfermedades foliares.

VARIABLES ASOCIADAS A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BIOMASA

En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos utilizando el ACP para las variables de composición química

all positively related in between, excepting FDN.

These results describe that the eatable biomass with the highest protein content showed the lowest fibrous fraction and lignin, aspect with great nutritional meaning if considered that the compounds of the cellular wall are associated to a lower digestibility of the fodders (García, 2003). On this matter, it is well known the inverse relation between the concentration of the nitrogen in the fodders and its content on the cellular wall. On this

Cuadro 2. Resultados del ACP y relación entre las variables de composición química de *M. alba*.

Table 2. ACP results and relation between the chemical composition variables of *M. alba*.

Variable	Componente				
	1	2	3	4	5
PB	0,855	0,349	-0,128	-0,026	0,190
PV	0,826	0,088	-0,194	0,210	-0,234
PB-FDN	0,930	0,102	0,164	-0,217	0,094
PB-FDA	0,495	0,021	0,714	0,345	-0,212
PS	-0,010	0,756	-0,270	-0,366	-0,366
FDN	-0,896	0,296	-0,075	-0,0761	0,079
FDA	0,437	-0,509	-0,696	-0,105	0,008
Lign	0,501	0,126	0,467	-0,351	0,251
Ca	0,669	0,092	0,078	0,179	0,505
P	0,111	-0,359	0,568	0,558	-0,289
FT	-0,534	0,196	0,138	0,308	0,644
Flav	-0,162	0,611	-0,232	0,610	0,022
Sap	-0,135	0,842	0,394	-0,157	-0,067
Valor propio (ë)	4,647	2,420	2,283	1,679	1,118
Varianza (%)	33,190	17,288	16,304	11,994	7,986
Varianza total (%)	33,190	50,479	66,783	78,777	86,763

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, FT: fenoles totales, Flav: flavonoides, ET: esteroides totales, Sap: saponinas.

mica del follaje. En este sentido, la varianza total extraída mediante el análisis fue elevada (86,763%).

En la primera componente (CP1) se extrajo el 33,190% de la variabilidad y los indicadores que explicaron mejor la varianza fueron los contenidos de PB, PV, PB-FDN, PB-FDA todas relacionadas positivamente entre sí, exceptuando a la FDN.

Estos resultados describen que la biomasa comestible con el mayor contenido proteico exhibió menor fracción fibrosa y lignina; aspecto de gran significado nutricional, si se considera que los compuestos de la pared celular se encuentran asociados con una menor digestibilidad de los forrajes (García, 2003). En este sentido, es bien conocida la relación inversa que existe entre la concentración de nitrógeno en los forrajes y su contenido de pared celular. En tal sentido considerando que los tenores de proteína constituyen una de las variables de mayor importancia en la nutrición animal y que la fracción fibrosa de la morera, en términos cualitativos y cuantitativos no es considerada como un factor antinutritivo, los resultados de este trabajo sugieren el monitoreo de la concentración proteica como indicador del estado nutricional de la biomasa, de forma preferencial.

La segunda componente (CP2) explicó el 17,288% de la variabilidad y en su formación contribuyeron fundamentalmente la concentración de PS y las saponinas, ambas relacionadas de forma positiva entre sí. Aunque no se ha documentado la existencia de una relación fuerte entre la concentración de PS y las saponinas en el marco de la nutrición animal, se conoce que

en este sentido, considerando que los portadores de la proteína constituyen uno de las variables con mayor importancia para la nutrición animal, y la fracción fibrosa de morera, no es considerada cualitativa y cuantitativa como un factor antinutritivo, así, los resultados de esta investigación sugieren monitorear la concentración de proteína como un indicador de la fase nutricional de la biomasa.

La segunda componente (CP2) explicó el 17,288% de la variabilidad y su formación contribuyó a la concentración de PS y saponinas, ambas positivamente relacionadas. Incluso aunque no hay bibliografía sobre la existencia de una fuerte relación entre la concentración de PS y saponinas para la nutrición animal, es conocido que algunos metabolitos secundarios presentes en los forrajes (como taninos y alcaloides) podrían interactuar, tanto a nivel celular como digestivo de los animales, con metabolitos primarios (proteínas y grasas) causando importantes variaciones en la fisiología digestiva (García, 2003; García *et al.*, 2008). En este sentido, el vínculo encontrado en esta investigación entre la PS y saponinas en el forraje de morera es parte de un tema, que es interesante de ser investigado en futuros ensayos nutricionales con esta especie.

En la tercera componente (CP3) 16,304% fue extraída, y la mayor representación correspondió a los niveles de proteína vinculados a la fibra detergente ácido; meanwhile, en la cuarta componente (CP4) 11,994% fue extraída, y en la quinta (CP5) 7,986% fue extraída de la varianza total. Las variables con mayor representación fueron los contenidos de fosforos y flavonoides, y la

algunos metabolitos secundarios presentes en los forrajes (como los taninos y alcaloides) pueden interactuar, tanto a nivel celular como en el sistema digestivo de los animales, con metabolitos primarios (proteínas y grasas) causando variaciones importantes en la fisiología digestiva (García, 2003; García *et al.*, 2008). En este sentido, el nexo encontrado en esta investigación entre la PS y las saponinas en el follaje de la morera constituye un tema de investigación interesante para futuros ensayos nutricionales con esta especie.

En la tercera componente (CP3) se extrajo el 16,304% y la mayor representación correspondió con los niveles de proteína ligada a la fibra detergente ácido; mientras que en el componente cuatro (CP4) se extrajo el 11,994% y en la cinco (CP5) se extrajo el 7,986% de la varianza total. Las variables de mejor representación fueron los contenidos de fósforo y flavonoides, y las concentraciones de calcio y polifenoles totales; todas relacionadas de forma positiva entre sí, respectivamente. Sin embargo, los coeficientes que describieron la relación entre estas variables fueron inferiores a 0,70; definido previamente como criterio de selección, por tales motivos estas variables no se consideran de relevancia comparativa cuando se pretenda caracterizar la composición fitoquímica de *M. alba* en sistemas de pastoreo-ramoneo.

Desde el punto de vista integral, las variables de composición química de mayor relevancia que caracterizaron a la biomasa comestible de la morera en la etapa de explotación fueron los componentes de la fracción

concentrations of calcium and total polyphenols; all related positively in between, respectively. However, the coefficients that described the relation between these variables were inferior to 0.70; previously defined as selection criteria, for these reasons, these variables are not considered comparative relevant when is pretended to characterize the phytochemical composition of *M. alba* in browsing-grazing systems.

From the integral point of view, the variables with chemical composition and higher relevance that characterized the eatable biomass of mulberry in the exploitation phase were the components of the nitrogen, fibrous fractions and the saponins. On this matter, some authors have mentioned the importance of the protein fraction of mulberry, compared to what is showed in the other species, including the legumes, by their high qualitative richness of aminoacids, availability of the nitrogen for fermentating and lability of the protein associated to the cellular wall to be catabolised effectively by the microorganisms of the rumen or digestive enzymes in non ruminants (Martín *et al.*, 2007). On the other hand, it has been also said the importance of the components of the cellular wall as the main variation sources in fodder species, when are submitted to agronomic handle (García *et al.*, 2008; García *et al.*, 2009a).

In relation to the little relevance about the secondary metabolites as variables that exhibited marginal fluctuations on the silvopastoral area, this means an interesting result considering that there is information about drastic concentration of phenols,

nitrogenada, fibrosa y las saponinas. En este sentido, algunos autores han señalado la relevancia que presenta la fracción proteica de la morera, comparado con el exhibido por otras especies, incluso leguminosas, por su mayor riqueza cualitativa de aminoácidos, disponibilidad de nitrógeno para la fermentación y labilidad de la proteína asociada a la pared celular para ser catabolizada de forma efectiva por los microorganismos del rumen o las enzimas digestivas en los no rumiantes (Martín *et al.*, 2007). Por otra parte, también se ha destacado la importancia de los componentes de la pared celular como principales fuentes de variación en especies forrajeras cuando son sometidas a manejo agronómico (García *et al.*, 2008; García *et al.*, 2009a).

Con relación a la poca relevancia de los metabolitos secundarios como variables que exhibieron marginales fluctuaciones en el contexto silvopastoril, esto constituye un resultado interesante; considerando que se ha informado variaciones drásticas de la concentración de fenoles, flavonoides, esteroides, cumarinas y saponinas en la morera cuando ha sido sometida a cortes periódicos y fertilización en sistemas de corte y acarreo (García, 2003). En las condiciones de banco forrajero, se han atribuido las variaciones fitoquímicas como respuesta al estrés por el manejo agronómico. Sin embargo, aunque en el sistema de pastoreo-ramoneo la especie se encuentra también estresada por el efecto adicional del pastoreo, parece que la respuesta del metabolismo secundario de la morera se encuentra condicionada por el efecto de otras variables apa-

flavonoids, sterols, coumarins and saponins in mulberry, when it is submitted to periodic cuts and fertilization in cut-hauling systems (García, 2003). On the fodder conditions, the photochemical conditions have been attributed as a response towards the stress caused by the agronomic handle. However, even though the species is also stressed on the grazing-browsing system by the additional effect of grazing, it seems that the answer of the secondary metabolite of mulberry is conditioned by the effect of other apparent variables, which were not cleared on this research. Finally, there are lots of essays to be done to establish the comparisons and differences in the photochemical of mulberry, when it is sowed on different silvopastoral exploitation systems.

Conclusions

The indicators that best explained the performance of mulberry in grazing-browsing systems were: the availability of the total and eatable biomass and leaves, survival, symptoms of diseases, as well as the concentration of PB, PV, PB-FDN, PB-FDN, FDN and the saponins contents. However, when the woody behavior will be evaluated in similar situations, only the fraction of the eatable biomass should be monitored, or equivalent, the number of branches, the survival, and the symptoms of the diseases. The chemical composition of the fodder must be emphasized on the determination of the PB concentration or the fibrous fraction; as well as on the content of saponins, as important variables.

End of english version

rentes que no fueron dilucidadas en el marco de esta investigación. En este sentido, de este tema aún derivan futuras ensayos para establecer semejanzas y diferencias en la fitoquímica de la morera cuando es plantada en diferentes sistemas de explotación silvopastoril.

Conclusiones

Los indicadores que explicaron mejor las fluctuaciones que caracterizaron el desempeño de la morera en los sistemas de pastoreo-ramoneo fueron: la disponibilidad de biomasa total, comestible y de hojas, el número de ramas, la sobrevivencia, los síntomas de enfermedades; así como la concentración de PB, PV, PB-FDN, PB-FDN, FDN y los contenidos de saponinas. Sin embargo, cuando se desee evaluar el comportamiento de la leñosa en condiciones similares sólo deben ser monitoreadas la fracción de biomasa comestible o, de forma equivalentemente, el número de ramas, la sobrevivencia y los síntomas de enfermedades. Desde el punto de vista de la composición química del follaje se debe hacer énfasis en la determinación de la concentración de PB o la fracción fibrosa; así como en el contenido de saponinas, como variables más importantes.

Literatura citada

- Corbea, L.A. y F. Blanco. 2005. Métodos de propagación, siembra y establecimiento de plantas arbóreas con fines silvopastoriles. En: El silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizales. (Simón, L. Ed.). EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. pp.
- 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, M.G. Medina, 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, A. Torres, O. Santos y D. Perdomo. 2009. Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. *Avance en Investigación Agropecuaria*. 13(2): 25-39.
- García, D.E., M.G. Medina, L.J. Cova, T. Clavero, A. Torres, M.E. González y P. Pizzani. 2009. Evaluación integral de recursos forrajeros para rumiantes en el estado Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. de Agron. LUZ*. 26: 555-582.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y características de especies vegetales. En: Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos filogenéticos. Franco, T.L. e Hidalgo, T.R. (Eds.). Boletín técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 pp.
- Machado, R. 2006. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas en suelos hidromórficos del humedal Ciénaga de Zapata. *Establecimiento. Pastos y Forrajes*. 29: 155-167.

- Martín, G.J., Y. Noda, G. Pentón, D.E. García, F. García, E. González, F. Ojeda, M. Milera, O. López, J. Ly, L. Leiva, J. Arece. 2007. La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. Pastos y Forrajes, 30 (1): 3-19.
- 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, 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, J.M. Iglesias y T. Clavero. 2010a. Evaluación del potencial agronómico de *Morus alba* para su inclusión en sistemas de pastoreo-ramoneo en Trujillo, Venezuela. I Variables morfoestructurales. Rev. Fac. Agron. LUZ (en prensa).
- 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. II Disponibilidad y composición química de la biomasa. Rev. Fac. Agron. LUZ (en prensa).
- Olivera, Y., R. Machado, P.P. del Pozo, J. Ramírez y B. Cepero. 2007. Evaluación de accesiones de *Brachiaria brizantha* en suelos ácidos. Época de máximas precipitaciones Pastos y Forrajes 30(3):303-313.
- Olivera, Y. 2004. Evaluación y selección inicial de accesiones de *Brachiaria* spp. para suelos ácidos. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes. [En línea] Disponible en: <http://biblioteca.eepfih.cu/>. Consultado: abril/07.
- Philippeau, G. 1986. Comment interpreter les resultats d' un analyse in composants principales. Service des Etudes Statistiques ITCF. Lusignan, France. 36 p.
- 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. e J.M. Iglesias. 2008. Selectividad de especies arbóreas potencialmente útiles para sistemas de producción ganaderos. *Zootecnia Tropical* 26(3):197-200.
- Toral, O., J.M. Iglesias y J. Reino. 2006. Comportamiento del germoplasma arbóreo forrajero en condiciones de Cuba. Pastos y Forrajes 29(4):337.
- Visauta, B. 1998. Análisis Estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante. Mc-Graw-Hill-Interamericana. Madrid, España.
- Wencomo, H.B. 2009. Evaluación morfoagronómica e isoenzimática y selección de accesiones de *Leucaena* spp. con fines silvopastoriles. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. <http://biblioteca.ihatuey.cu/links/pdf/tesis/tesisid/hildawencomo.pdf>.