

Rendimiento y composición química de *Panicum maximum* cv. Tanzania en un sistema silvopastoril en Chiapas

Yield and chemical composition of *Panicum maximum* cv. Tanzania in a silvopastoral system in Chiapas

Esau de Jesús Pérez-Luna¹, Benigno Ruíz-Sesma², Yazmin Sánchez-Roque³, Miguel Ángel Canseco-Pérez⁴, Yolanda del Carmen Pérez-Luna^{3*}

¹ Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Ciencias Agronómicas, Carretera Ocozacoautla-Villaflores km. 84.5, Chiapas, C.P. 30470 México, Email: eperezl@unach.mx

² Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Carretera Costera del Golfo km 220, Col. Agrícola Micahapan. C.P. 96100. Email: ruizsb71@gmail.com

³ Universidad Politécnica de Chiapas. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Carretera Tuxtla Gutiérrez - Portillo Zaragoza Km 21+500, Las Brisas, Chiapas, C.P. 29150 México. Email: yperez@upchiapas.edu.mx

⁴ Dirección de Investigación, Evaluación y Posgrado. Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Carretera al Carmen Xalpatlahuaya s. n. El Carmen Xalpatlahuaya, Huamantla, Tlaxcala, México. Email: miguel.canseco@uttlaxcala.edu.mx

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la incorporación de *L. leucocephala* sobre la producción de biomasa y la composición química de *P. maximum* cv. Tanzania en un sistema silvopastoril, se estableció un experimento en dos praderas, establecidas con *P. maximum* cv. Tanzania como único cultivo en una de ellas y en la otra asociada con *L. leucocephala* en un arreglo de pasturas en callejones. En cada pradera fueron colocadas 12 jaulas de exclusión de 1 m³ en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 4, dos sistemas (monocultivo y silvopastoril) y cuatro fechas de corte (28, 56, 84 y 112 d) y tres repeticiones. Se aplicó una fertilización química con Fosfonitrato en cada una de las jaulas de exclusión para ambos tratamientos. Se observó diferencia significativa entre sistemas para las variables altura, cobertura, producción de materia orgánica (kg/ha), producción de proteína cruda (kg/ha) y el porcentaje de FDN, reportando los mejores valores el sistema silvopastoril. Se concluye que el uso de la *Leucaena* ofrece ventajas importantes si se considera que es capaz de producir alimento de alto valor nutricional para los animales, además, mejora la calidad y cantidad de forraje del sistema.

Palabras clave: biomasa, *Leucaena leucocephala*, *Panicum maximum*, sistema silvopastoril,

ABSTRACT

To evaluate the effect of *L. leucocephala* incorporation on *P. maximum* cv. Tanzania biomass production and chemical composition of in a silvopastoral system, an experiment was established in two grasslands, established with *P. maximum* cv. Tanzania as the only crop in one of them and in the other, associated with *L. leucocephala* in an arrangement of pastures in alleys. In each meadow, 12 exclusion cages of 1 m³ were placed in a completely random design with a 2 x 4 factorial arrangement, two systems (monoculture and silvopastoral) and four cutting dates (28, 56, 84 and 112 d) and three repetitions. Chemical fertilization with Phosphonitrate was

applied in each of the exclusion cages for both treatments. A significant difference was observed between systems for the variables height, coverage, production of organic matter (kg/ha), production of crude protein (kg/ha) and the percentage of FDN, reporting the best values of the silvopastoral system. It is concluded that the use of *Leucaena* offers important advantages if we consider its capability for producing food of high nutritional value for animals, as well as it improving the forage quality and quantity of the system.

Key words: biomass, *Leucaena leucocephala*, *Panicum maximum*, silvopastoral system

INTRODUCCIÓN

La base de la ganadería tropical en América Latina es el pastoreo extensivo el cual implica la utilización de extensas áreas de pastizales, frecuentemente degradadas y de baja productividad especialmente durante los prolongados períodos secos. Estas condiciones provocan, en muchas ocasiones, bajos coeficientes técnicos y pobre desempeño económico de las explotaciones ganaderas (Rivas, 2002). Sin embargo, mientras el área de pasturas en América Latina ha aumentado durante los últimos años, la producción de rumiantes se ha expandido con bajo crecimiento de su productividad (Arana, 2009).

En el trópico mexicano, la ganadería se desarrolla en sistemas de alimentación cuya base son las gramíneas. Uno de los problemas más importantes que limitan la productividad de las explotaciones ganaderas en las regiones tropicales es el manejo inadecuado de las praderas (que en la mayoría de los casos reciben una carga animal superior a la capacidad de carga) y la ineficiente administración del forraje producido y posteriormente el sobrepastoreo (Pérez *et al.*, 2012). Esta baja productividad ganadera es el resultado de diversos factores, entre ellos destacan la dominancia de pasturas de especies nativas de baja calidad y productividad y las prácticas inadecuadas de manejo de potreros (Szott *et*

*Autor para correspondencia: Yolanda del Carmen Pérez Luna
 Correo electrónico: yperez@upchiapas.edu.mx

Recibido: 17 de octubre de 2022
 Aceptado: 23 de febrero de 2023

al., 2000); ambas producen como consecuencia que una alta proporción de estas pasturas se encuentren en diferentes estadios de degradación, lo que a la vez provoca que soporten cargas animales muy bajas. Se reporta que, para América Central, aproximadamente entre 50 y 80 % de las pasturas se encuentran degradadas y que soportan cargas animales inferiores hasta en un 40 % en relación a pasturas con un manejo apropiado (CATIE, 2002).

Uno de los factores que han limitado la obtención de mejores índices productivos en la ganadería es el bajo valor nutritivo de los forrajes, debido principalmente al manejo inadecuado de las praderas que generalmente se utilizan con una carga animal superior a su capacidad forrajera; aunado a esto, la prevalencia de los sistemas extensivos donde generalmente se utiliza una sola especie forrajera, cuyo aporte de proteína cruda no alcanza a cubrir los requerimientos mínimos diarios de mantenimiento del animal. Por otra parte, se aprecian severas deficiencias nutricionales en el suelo; es por ello que, para contrarrestar estos efectos, en la actualidad se recomienda la incorporación de árboles con potencial forrajero, generalmente leguminosas que permite enriquecer por un lado la dieta de los animales como una fuente de nitrógeno complementario y mejorar las condiciones físico-químicas de los suelos de uso ganadero. Al respecto, los sistemas silvopastoriles actualmente están cobrando importancia en los sistemas ganaderos, debido a los múltiples beneficios que de ellos se obtienen, con el propósito de realizar una ganadería sustentable y lograr la rehabilitación de las praderas que se encuentran en un avanzado estado de degradación. Dentro de las especies más utilizadas en sistemas silvopastoriles se encuentra *L. leucocephala*, conocida tradicionalmente como huaje, dicha especie es considerada como una de las más prometedoras debido a sus características morfológicas y fisiológicas que, junto a la asociación con las gramíneas, particularmente con *P. maximum*, se observa una interacción positiva entre los componentes que integran el sistema.

Los sistemas de producción ganadera (leche, carne y doble propósito) son de suma importancia para la producción de proteína de origen animal destinada al consumo humano. En este sentido, se requiere desarrollar investigaciones con rigor científico que permita generar información confiable y que contribuya a la solución de la problemática que atraviesa la ganadería en el Estado de Chiapas. Este trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de incorporar *L. leucocephala* sobre la producción de biomasa y el valor nutritivo de *P. maximum* cv. Tanzania, en un sistema silvopastoril, partiendo de que la incorporación de árboles forrajeros en praderas establecidas con este pasto mejora el rendimiento de biomasa y el valor nutritivo en dichos sitios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo experimental se realizó en el Centro Agropecuario de Capacitación y Desarrollo sustentable S. P. R. de R. L. (CA-CyDS), en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México; situado entre los 16° 42' de latitud norte y 93° 00' de longitud

oeste, a una altitud de 420 msnm, con un clima cálido subhúmedo, una precipitación media anual de 990 mm y una temperatura promedio de 26° C (INEGI, 2003).

Sitio experimental

Se utilizaron dos parcelas de una superficie aproximada de una ha, establecidas con *P. maximum* cv. Tanzania como único cultivo en una de ellas y en la otra asociada con *L. leucocephala* en un arreglo de pasturas en callejones, donde la arbustiva fue establecida a siete metros de distancia entre hileras y 2 m entre árboles; las hileras de árboles fueron establecidas de oriente a poniente con el propósito de permitir la mayor entrada de la luz solar a la gramínea durante el día y no afectar su desarrollo.

En cada parcela se establecieron 12 jaulas de exclusión de 1 m³, construidas con madera y malla pollitera, haciendo un total de 12 jaulas para cada sitio experimental (monocultivo vs silvopastoreo), las cuales fueron distribuidas al azar.

Se realizó un chapeo manual cortando el forraje a una altura de 15 cm del suelo, con el propósito de uniformizar la pradera y lograr un rebrote uniforme. Enseguida se aplicó una fertilización química con Fosfonitrato (33-03-00) en cada una de las jaulas de exclusión para ambos tratamientos. El pasto fue cosechado en cuatro intervalos de 28 d, considerando las particularidades del diseño experimental.

Variables evaluadas

Producción de biomasa

La producción de biomasa se obtuvo cortando el forraje de cada una de las jaulas de exclusión para cada uno de los tiempos de evaluación, una vez obtenida la muestra, ésta fue pesada en una balanza granataria para determinar la biomasa por m², posteriormente fue enviada al laboratorio para su respectivo análisis.

Producción de materia seca (MS)

Se analizaron muestras representativas de material vegetativo de cada uno de los tratamientos (500 g) y sus respectivas repeticiones, las cuales fueron pesadas y depositadas en bolsas de papel estraza debidamente identificadas. Las muestras fueron introducidas a una estufa a 60 °C durante 48 h hasta alcanzar peso constante.

Relación hoja-tallo

Se separaron los componentes morfológicos de la planta (hoja, tallo, material muerto, leguminosas), posteriormente, fueron pesados de manera individual. Una vez obtenido el registro de peso de cada componente, se dividió el peso obtenido de hoja entre el peso de tallos, obteniendo de esta manera la relación entre estos componentes.

Altura decumbente

Se determinó mediante una medición al azar de la altura de la planta para cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta cinco valores de la planta, para tener una altura promedio del pasto en cada uno de los tratamientos.

Cobertura

Se determinó mediante la división de manera imaginaria de cada jaula, dividiéndola en cuatro partes (25, 50, 75 o 100 %, respectivamente), asignando un porcentaje de cobertura de acuerdo a lo observado.

Análisis químico proximal

Las muestras de cada tratamiento fueron colectadas, secadas y molidas, y enviadas al Laboratorio de Bromatología del Colegio de la Frontera Sur. Para los análisis de materia seca (MS), las muestras fueron colocadas en un horno de aire forzado a una temperatura de 60 °C por 48 h, Materia orgánica (MO) por la combustión de las muestras en mufla a 600 °C durante 6 h, proteína cruda (PC) determinado por el método de Kjeldahl (CP, AOAC, 1996; ID 954.01), Fibra detergente neutra (FDN) y Fibra detergente ácida (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991)

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4, dos sistemas (silvopastoril y monocultivo) y cuatro fechas de corte (28, 56, 84 y 112 d de rebrote) y tres repeticiones para cada tratamiento, formando un total de 24 unidades experimentales

Análisis estadístico

Para evaluar el efecto del sistema (silvopastoril vs monocultivo) sobre las variables Altura cm, Cobertura %, Relación Hoja:Tallo, Biomasa T/ha, Producción de MS T/ha, Producción MO kg/ha, Producción PC kg/ha, % FDN, % PC y % MO, se analizó mediante una prueba de T de Student utilizando como covariable las cuatro fechas de corte (28, 56, 84 y 112 d). Para observar la diferencia estadística entre factores y sus interacciones, se utilizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con arreglo factorial, el factor A correspondió al sistema silvopastoril y monocultivo y el factor B a las fechas de corte 28, 56, 84 y 112 d. Para la comparación de medias de los tratamientos de las variables evaluadas se utilizó la prueba de Tukey. Para encontrar la diferencia estadística entre las fechas de corte entre los sistemas, se utilizó la prueba de contrastes ortogonales en cada una de las variables evaluadas (Steel *et al.*, 1997). Los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS V9.0 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de Biomasa de *P. maximum* cv. Tanzania

En las figuras 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos de la producción de biomasa en verde y seco (t/ha) de *P. maximum* cv. Tanzania, donde se puede observar un incremento lineal conforme aumenta la edad de la gramínea. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre sistemas monocultivo y silvopastoril para la variable producción de biomasa en verde y seco; sin embargo, el día de corte 56, presenta diferencia significativa ($P = 0.027$) con valores de 47.7 y 26.20 t/ha para el sistema silvopastoril y monocultivo respectivamente, pero para el día de corte 112, el comportamiento se invierte con diferencia estadística

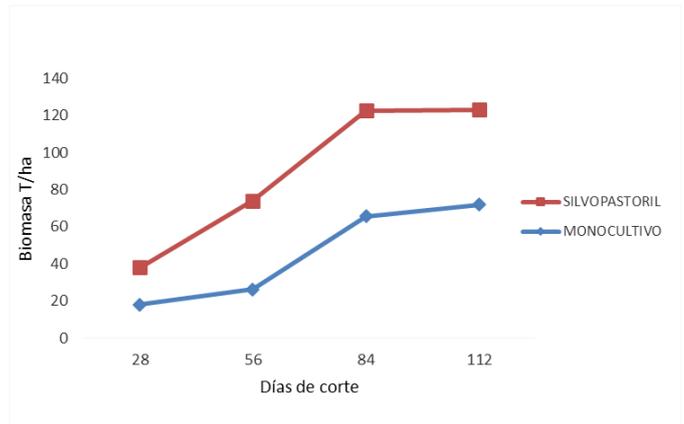


Figura 1. Producción de biomasa de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoreo.

Figure 1. Biomass production of *P. maximum* cv. Tanzania in monoculture vs silvopastoral.

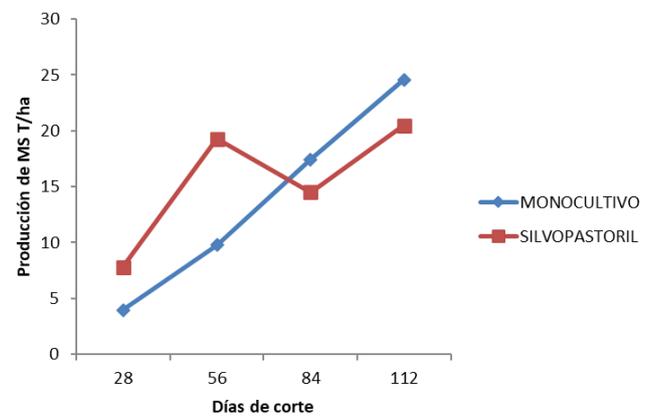


Figura 2. Producción de materia seca de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoreo.

Figure 2. Dry matter production of *P. maximum* cv. Tanzania in monoculture vs silvopastoral.

significativa ($P = 0.032$) con valores de 71.80 y 51.20 t/ha para el sistema monocultivo y silvopastoril. En lo que respecta a la variable producción de MS el sistema silvopastoril superó con diferencia estadística significativa ($P = 0.007$) al sistema monocultivo con valores de 19.19 t/ha vs 9.77 t/ha.

Durante las dos primeras etapas de crecimiento de la gramínea (28 y 56 d) se observó un mayor rendimiento en el sistema silvopastoril; sin embargo, el día de corte 84 y 112 presenta una disminución de la producción de biomasa y MS, el efecto observado puede deberse a la competencia por luz que se dio cuando el pasto se asoció con la especie arbustiva, ya que la especie arbustiva alcanza su pico de crecimiento de follaje a los 75 d después del corte, razón por la cual el pasto en este sistema presentó este comportamiento no lineal no observado en el sistema monocultivo. En el sistema silvopastoril en las primeras etapas, a medida que la gramínea fue creciendo ésta demostró un efecto positivo en su desarrollo, seguramente por el aprovechamiento del nitrógeno y otros nutrientes que fueron aportados por la especie arbustiva. Otro aspecto importante de señalar es que el pasto a medida

que cambia su fenología, tiende acumular carbohidratos estructurales y compuestos secundarios (celulosa, hemicelulosa, lignina y algunas pectinas), además, en los meses lluviosos permite que el agua absorbida en el suelo mueva los nutrientes con mayor facilidad, siendo estos más solubles para que la planta los pueda obtener a través de su sistema radicular; por su parte, la luminosidad es otro factor importante que beneficia a esta especie de gramínea considerada como de ciclo C₄. Comparando los resultados encontrados en este trabajo con otros reportes, la mayor producción de biomasa en verde podría deberse a diversos factores, tales como intensidad solar, fertilización, entre otras. En este sentido, Encinozo et al. (2017), mencionan que la sombra o diferentes niveles de sombra de árboles o arbustos puede provocar variaciones en la producción de biomasa, mayor contenido de proteína cruda y una reducción de los carbohidratos estructurales. Los resultados encontrados en este estudio coinciden con los reportados por Pineda-Doportó et al. (2019), donde mencionan que la producción forrajera, componentes forrajeros como es la altura de la planta de *B. brizantha* no es afectada por el sistema de cultivo ($P > 0.05$), reportando valores de producción forrajera de 1.76 vs 1.74 t MS/Ha en monocultivo y bajo sistema silvopastoril de árboles dispersos en potrero.

Por su parte, Pezo e Ibrahim (1999) mencionan que los cambios morfológicos y fenológicos que ocurren en las especies forrajeras cuando están creciendo en altos niveles de sombra tienden a comprometer su potencial de persistencia y, por ende, su productividad; por ello, el manejo de los cortes debe ser muy cuidadoso. Por consiguiente, el manejo adecuado de la sombra es un aspecto fundamental en los sistemas de cultivo en callejones y para aminorar su efecto negativo se recomienda realizar podas frecuentes a los árboles.

La modificación de la luz tiene una marcada incidencia en el desarrollo de los pastos y en los ambientes cálidos y secos del trópico. Las gramíneas C₄ son su componente principal, sin embargo, aun en estas especies, el exceso de luz provocado por el aumento de la intensidad luminosa puede constituir un estrés ambiental y predisponer a las hojas a sufrir daños, al no poder disipar la energía incidente de una forma adecuada. Dada esta situación propia de las zonas sin cobertura forestal surge la necesidad de introducir árboles en las áreas ganaderas, donde el uso de las leguminosas arbóreas y las gramíneas mejoradas desempeñan un papel muy importante en la alimentación del ganado y el mantenimiento del ecosistema en general. Asimismo, cabe mencionar que la especie *P. maximum cv. Tanzania*, se caracteriza por poseer una alta producción de biomasa, ya que del volumen total de la planta el 80 % son hojas.

El comportamiento del rendimiento en este estudio es similar a los obtenidos por Padilla (2002), quien logró el mayor redimiendo a edades posteriores a los 75 d de rebrote. Asimismo, estos resultados son satisfactorios si se toma en cuenta los beneficios que se obtienen con la presencia de árboles dentro del sistema, que además de tener buena pro-

ducción de biomasa, también se logra generar un ambiente óptimo para los animales que pastan dentro del mismo.

Relación Hoja-Tallo de *P. maximum cv. Tanzania*

La relación hoja:tallo no presentó diferencia estadística entre sistemas silvopastoril y monocultivo, tampoco se observó diferencias estadísticas significativas entre días de corte (Tablas 1 y 2). La importancia de conocer la cantidad de hojas que la especie puede tener en comparación del tallo es de vital importancia, puesto que el valor nutritivo de la planta se concentra en una mayor producción de hojas; a su vez, ésta es de mayor palatabilidad para el consumo de los rumiantes, por su parte, Pineda-Doportó et al. (2019) reportan resultados similares a los encontrados en este estudio, mencionando que la disponibilidad de hojas y tallos fue similar en ambos sistemas silvopastoril y monocultivo; asimismo, concuerdan con lo reportado por Cruz-Sánchez (2018) donde evaluaron dos intensidades de cosecha (severo y ligero) y dos frecuencias de cosecha (21 y 28 d) sin encontrar diferencias estadísticas significativas para esta variable, comportamiento similar reporta Alvarado-Canché et al. (2022), al no encontrar diferencias estadísticas significativas para la relación hoja tallo del pasto *C. plectostachyus* en el sistema monocultivo vs sistema silvopastoril.

Lo anterior no concuerda con los resultados de Páez et al. (1997), quienes afirmaron que el sombreado incrementa el área específica y reduce el peso de la hoja. La realidad es que el porcentaje de hojas es un indicador relativo y que cualquier variación de la intensidad luminosa que favorezca o reduzca el peso total, no tiene por qué afectar la relación si incide por igual en las hojas y los tallos como se observa en los resultados obtenidos en este estudio. En este sentido Lok (2005) menciona que la presencia de árboles en el estrato herbáceo ejerce una favorable influencia, ya que una de las ventajas que estos tienen es la creación de un microclima favorable que realiza la acción combinada con la radiación

Tabla 1. Efecto del sistema de monocultivo vs silvopastoreo en la producción de biomasa y composición química *P. maximum cv. Tanzania*.

Tabla 2. Efecto del sistema de monocultivo vs silvopastoreo y días de corte en la producción de biomasa y composición química *P. maximum cv. Tanzania*

VARIABLE	SISTEMA		Valor de P
	MONOCULTIVO	SILVOPASTORIL	
Biomasa T/ha	45.4	43.7	0.4186
Prod MST/ha	13.94	15.02	0.4186
Rel hoja:tallo	3.15	2.43	0.494
Altura cm	106.23 ^b	125.79 ^a	0.0075
Cobertura %	60.42 ^a	43.75 ^b	0.02
Prod MO kg/ha	1870.2 ^b	2516.1 ^a	0.037
Prod PC kg/ha	969.61 ^b	1557.3 ^a	0.0002
% MO	13.99	16.01	0.087
% PC	7.06 ^b	10.47 ^a	0.016
% FDN	72.00 ^a	68.92 ^b	0.011
% DIVMS	69.10	77.74	0.171

Filas con distintas literales difieren estadísticamente. Prueba de T usando como covariables días de corte.

solar haciendo también que los vientos sean menores sobre este, lo cual favorece la mayor conservación de la humedad y mejora ecológicamente las condiciones del pastizal.

Altura de *P. maximum* cv. Tanzania

La variable altura de corte en cm presentó diferencia estadística ($P=0.0075$) entre sistemas, con 125.79 vs 106.23 para silvopastoril y monocultivo, respectivamente, de igual manera, los días de corte 84 y 112 marcaron diferencias significativas ($P=0.040$ y $P=0.009$) con valores de 151.3 vs 127.0 y 156.3 vs 123.0 para silvopastoril y monocultivo correspondientemente (Tabla 1 y 2). El mayor crecimiento del pasto encontrado en el sistema silvopastoril se debe a la competencia que existió por la radiación solar entre la leguminosa y la gramínea, en este sentido, Smethurst *et al.* (2017) mencionan que el efecto de la sombra de las leñosas sobre las gramíneas puede ser diversas ya que deben mantener un balance de carbono que requieren para la producción y crecimiento de las hojas. Asimismo, Santiago-Hernández *et al.* (2016) comentan que las hojas de las gramíneas bajo sombra tienen una apariencia alargada y delgada en comparación con las hojas que se encuentran expuestas directamente al sol; lo primero, les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración y por consecuencia la actividad fotosintética disminuye bajo condiciones de sombra. La baja intensidad de luz reduce los procesos fotosintéticos y retrasa la maduración del tejido, la degradación de los cloroplastos y este proceso retarda la senescencia de las gramíneas y mantiene mayor calidad nutritiva (Obispo *et al.*, 2008). La productividad de las gramíneas kg de materia seca y composición química, están en función de la disponibilidad de luz, cuando la humedad, la temperatura y los nutrientes no son limitantes (Guenni *et al.*, 2008).

Al comenzar las lluvias y aumentar la temperatura se produce un enérgico crecimiento del pasto (junio) observándose una caída en julio, debido al parecer, a una disminución prematura de las precipitaciones (periodo intraestival) y una recuperación fisiológica de la planta. En los meses sucesivos el crecimiento se incrementa hasta octubre, a partir del cual éste comienza a disminuir. La fluctuación observada en el desarrollo de la planta está estrechamente relacionada con el rendimiento de forraje en los diferentes meses del año (Figura 3).

En cuanto a la variable altura de las plantas, se observó que hubo una marcada diferencia entre los tratamientos, con incremento en el silvopastoreo (37 % mayor), contrario a lo que reportan Toledo y Fisher (1989). Existe un crecimiento constante en ambos sistemas (silvopastoreo y monocultivo) manteniendo el nivel de altura similar en los tratamientos con 84 y 112 d de rebrote. Las diferencias estadísticas observadas para la variable altura entre ambos sistemas, parece estar relacionado con las sustancias reguladoras del crecimiento, al respecto Dillewijn (1973), menciona que bajo los efectos de la reducción de la luz dichas sustancias estimulan la elongación del tallo e impiden que se desarrollen las yemas

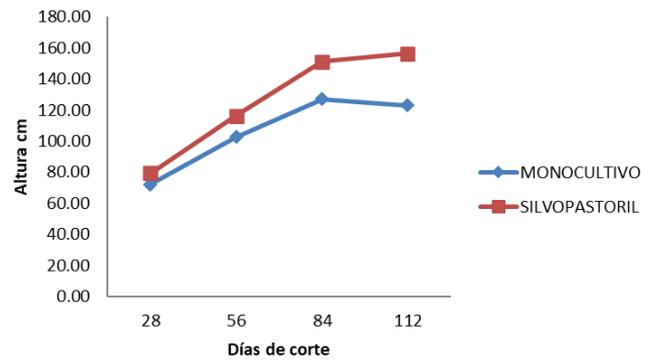


Figura 3. Altura de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoreo. Figure 3. *P. maximum* cv. Tanzania height in monoculture vs silvopastoral.

laterales. En este sentido, Wong y Wilson (1980) encontraron que la sombra hasta 40 y 60 % aumentó el rendimiento de los brotes de *P. maximum* en 30 y 27 %, respectivamente.

Cobertura de *P. maximum* cv. Tanzania

La variable cobertura observada en este estudio, presentó diferencias estadísticas significativas ($P = 0.020$) entre sistemas con valores de 60.42 % para monocultivo y 43.75 %, para silvopastoril, respectivamente. El 27 % de menor cobertura que presentó el sistema silvopastoril se ve compensado con el 8.5 % más de MS y 15.2 % de altura que presentó este sistema en comparación con el monocultivo. No se encontró diferencia significativa entre fechas de corte (Tabla 1 y 2).

La importancia de la cobertura del pastizal es que de este depende la cantidad de forraje a ofrecer a los animales para su alimentación. El *P. maximum* es de crecimiento amacollado, lo cual ofrece al suelo protección de la erosión y escorrentía como consecuencia de las altas precipitaciones. Los resultados muestran un crecimiento lineal, favoreciendo a una mayor cobertura en el sistema monocultivo, esto puede deberse a la cantidad de radiación solar recibida, en

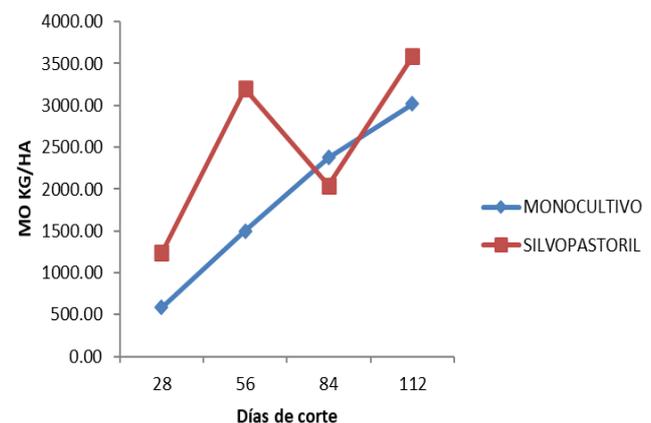


Figura 4. Producción de materia orgánica de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoreo.

Figure 4. Organic matter production of *P. maximum* cv Tanzania in monoculture vs silvopastoral.

este contexto, Nanami *et al.* (2011) afirma que en una comunidad de plantas, las interacciones competitivas ocurren cuando dos o más se encuentran asociadas y las capacidades de sobrevivencia y crecimiento de una o de ambas se ven reducidos; más aún, estos se encuentran limitados por los recursos como luz, agua y nutrientes y pueden encontrarse en condiciones restringidas en el mismo tiempo y espacio, coincidiendo con estos investigadores, Medinilla-Salinas *et al.* (2013) mencionan que la interacción aérea entre gramíneas, árboles y arbustos se asocia principalmente a la radiación solar, ya que las plantas requieren de este recurso para la producción de biomasa en el sistema.

Sánchez *et al.* (2007) realizaron estudios sobre la acumulación de hojarasca de *P. maximum* en silvopastoreo y observaron que esta especie forrajera acumuló una menor cantidad de hojarasca durante el período junio-diciembre, etapa en la que se produce su mayor desarrollo vegetativo, siendo la lluvia el factor climático que mayor correlación negativa presentó. Lo anterior confirma el efecto que puede provocarse en el sistema si se rompe la interacción ambiente-estrato herbáceo-árboles; siendo éste un efecto positivo o negativo en la producción. Según Crespo y Fraga (2006) mencionan actualmente no hay duda de la importancia que tiene la hojarasca para la estabilidad y el funcionamiento del ecosistema, pues constituye la fuente principal de circulación de materia orgánica, energía y nutrimentos entre las plantas y el suelo.

Composición química y DIVMS de *P. maximum* cv. Tanzania

En lo referente a la composición química del *P. maximum* cv. Tanzania en los dos sistemas (Figura 5 y 6; Tabla 1 y 2) se observa que no existe diferencia significativa en el contenido de MO con valores de 13.99 % vs 16.01 % para monocultivo y silvopastoril, respectivamente. Sin embargo, al convertir la MO en kg/ha se observa que existe diferencia estadística significativa ($P = 0.001$) entre los sistemas al día de corte 56 con valores de 3200.89 kg/ha vs 1499.12 kg/ha para silvopastoril y monocultivo, respectivamente. El 13 % más de MO que produce el sistema silvopastoril, aunado al incremento en producción de MS y altura, logra un 53 % más de producción de MO en comparación con el monocultivo.

La proteína cruda incrementó un 33.14 % en el sistema silvopastoril, encontrándose diferencia estadística significativa ($P = 0.016$) con valores de 10.47 vs 7.06 % para el sistema silvopastoril y monocultivo, respectivamente. La conversión de % de PC a kg/ha, proporciona un indicador más preciso sobre la disponibilidad de este nutriente, en este sentido se encontró diferencia estadística significativa ($P = 0.020$, $P = 0.012$) entre sistemas para los días de corte 28 y 56, con valores 1010.53 vs 271.09 y 1569.74 vs 794.51 kg/ha para silvopastoril y monocultivo, respectivamente. En lo que respecta a la concentración de carbohidratos estructurales, se encontró una reducción del 4.3 % de FDN en el sistema silvopastoril, presentando diferencia estadística significativa ($P = 0.011$) entre sistemas, con valores de 68.92 vs 72.00 %

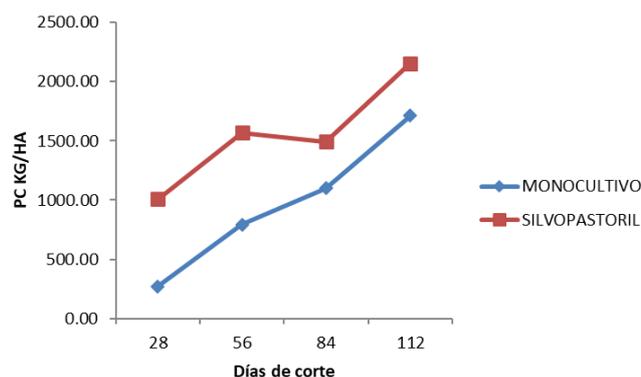


Figura 5. Producción de proteína cruda de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoreo.

Figure 5. Crude protein production of *P. maximum* cv. Tanzania in monoculture vs silvopastoral.

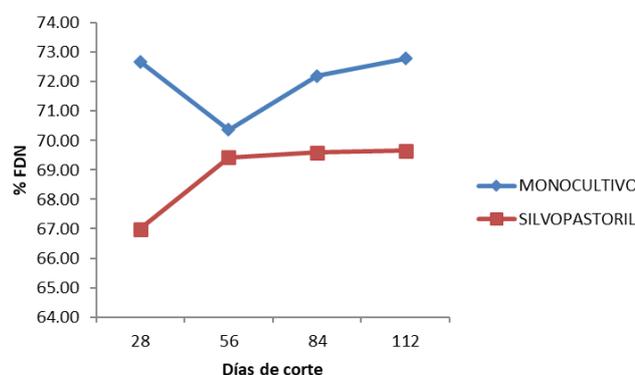


Figura 6. Porcentaje de fibra detergente neutro de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoreo.

Figure 6. Percentage of neutral detergent fiber of *P. maximum* cv. Tanzania in monoculture vs silvopastoral.

de FDN para silvopastoril y monocultivo, respectivamente. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) no presentó diferencia estadística significativa con valores de 69.1 % y 77.74 % para el sistema monocultivo y silvopastoril, respectivamente.

Los resultados encontrados coinciden con lo mencionado por Romero *et al.* (2020) al evaluar tres niveles de sombra en una pradera de *P. maximum* Jacq., concluyen que los altos contenidos de PC en los pastizales bajo la copa de los árboles podrían estar asociados con un aumento del flujo de nitrógeno en el suelo, especialmente cuando la especie arbórea es una leguminosa que tiene potencial para contribuir a la fijación biológica de N. Además, los pastos bajo sombra son fisiológicamente más jóvenes que los pastos a pleno sol (Xavier *et al.*, 2014). Por otro lado, los resultados encontrados difieren de lo reportado por Alvarado-Canché *et al.* (2022), en donde evaluaron los sistemas silvopastoril y monocultivo, encontrando que los niveles de PC de *C. nlemfuensis* fueron similares estadísticamente con 94 y 112 kg/ha para monocultivo y silvopastoril, respectivamente. Por su parte, Santiago-Hernández *et al.* (2016) reportan un valor promedio de 8.8 %

Tabla 2. Efecto del sistema de monocultivo vs silvopastoreo y días de corte en la producción de biomasa y composición química de *P. maximum* cv. Tanzania.**Table 2.** Effect of the monoculture vs silvopastoral systems and cutting days on biomass production and chemical composition of *P. maximum* cv. Tanzania.

VARIABLE	SISTEMA								NIVEL DE SIGNIFICANCIA			
	MONOCULTIVO				SILVOPASTORIL							
Días de corte	28	56	84	112	28	56	84	112	28	56	84	112
Biomasa T/Ha	18.23	26.20^b	65.57	71.80^a	19.20	47.7^a	57.00	51.20^b	NS	0.027	NS	0.032
Prod MS/Ha	3.97	9.77^b	17.44	24.57	7.83	19.19^a	14.51	20.48	NS	0.007	NS	NS
Rel Hola:Tallo	3.71	2.43	3.07	3.38	4.78	1.87	1.28	1.80	NS	NS	NS	NS
Altura Cm	72.10	102.80	127.0^b	123.0^b	79.43	116.20	151.3^a	156.3^a	NS	NS	0.040	0.009
Cobertura %	58.33	66.67	58.33	58.33	41.67	50.00	33.33	50.00	NS	NS	NS	NS
Prod MO Kg/Ha	583.51	1499.12^b	2378.92	3019.28	1236.93	3200.89^a	2041.06	3585.69	NS	0.001	NS	NS
PROD PC Kg/Ha	271.09b	794.51^b	1100.51	1712.32	1010.53a	1569.74^a	1492.72	2156.33	0.02	0.012	NS	NS
% MO	14.68	15.34	13.64	12.29	15.79	16.68	14.07	17.51				
% PC	6.82	8.13	6.31	6.97	12.90	8.18	10.29	10.53				
% FDN	72.68	70.36	72.20	72.78	66.99	69.43	69.59	69.66				
% DIVMS	73.89	71.17	62.25	ND	78.73	70.68	83.81	ND				

Filas con distintas literales difieren estadísticamente. Nivel de significancia de los contrastes ortogonales entre sistemas por días de corte.

de PC en un trabajo donde asocio leguminosas y gramíneas sin encontrar diferencias significativas. Resultados similares reportan Canul-Solis *et al.* (2018) al no encontrar diferencia significativa entre sistemas silvopastoril y monocultivo sobre el contenido de PC y FDN en *C. nlemfuensis*, al evaluar la asociación de *T. diversifolia*, *G. sepium*, *C. nlemfuensis*.

La reducción significativa del 4.3 % de FDN encontrada en el sistema silvopastoril, difiere de lo mencionado por Alvarado-Canché *et al.* (2022), en donde reportan valores de 785.8 y 847.6 kg/ha para el sistema monocultivo y silvopastoril, sin encontrar diferencia significativa, del mismo modo, Medinilla-Salinas *et al.* (2013) no observaron diferencia significativa en el contenido de PC y FDN de *M. maximum* asociado con *G. sepium* en un sistema silvopastoril. Por otro lado, Paciullo *et al.* (2016) mencionan que existe una mejora en el contenido de MO, PC y FDN de las gramíneas en los sistemas silvopastoriles, coincidiendo con los resultados encontrados en este estudio.

La DIVMS mostró una asociación negativa con los días de corte, a pesar de no encontrar diferencia estadística significativa, el sistema silvopastoril presentó una DIVMS de 77.74 % en comparación con 69.10 % del sistema monocultivo. Al respecto, Hernández *et al.* (2020), reporta resultados similares a los encontrados en este estudio, al mencionar que la DIVMS presenta una tendencia similar a la PC, porque el forraje se mantuvo más digestible en los primeros intervalos, disminuyendo de 4 a 8 puntos porcentuales a los 50 d, concluyendo que la PC y DIVMS en la gramínea disminuyó conforme aumentó el intervalo de descanso de la pastura en el sistema monocultivo y silvopastoril. En este sentido, Núñez *et al.* (2019), mencionan que el mayor crecimiento fuera de la copa de los árboles está relacionado con la menor calidad del pasto, debido a la rápida acumulación de lignina y celulosa en sus tejidos.

CONCLUSIONES

Las características de crecimiento y composición química observadas de *P. maximum* cv. Tanzania durante las diferentes etapas fenológicas en que fue evaluado, en particular en el sistema silvopastoril, puede deberse a la influencia de la sombra y al aporte de nitrógeno que le genera la asociación con *L. leucocephala* dentro del sistema. Este efecto, se manifiesta en una mejora de su contenido de nutrientes, particularmente, en la proteína cruda, la materia orgánica, así como en la concentración de carbohidratos estructurales.

La DIVMS mostró una asociación negativa con los días de corte, a pesar de no encontrar diferencia estadística significativa, el sistema silvopastoril presentó mayor DIVMS que el monocultivo.

El uso de la *L. leucocephala* en los sistemas ganaderos ofrece ventajas especiales si se considera que su follaje presenta un alto contenido de proteína (25 %) y que seguramente, se reflejará como una fuente importante de nitrógeno en la dieta de los rumiantes; además, de proveer de sombra natural al ganado en pastoreo y contribuir en alto grado a garantizar la conservación del suelo y al mejoramiento de su fertilidad.

REFERENCIAS

- Alvarado-Canché, A., Canul-Solis, J., Castillo-Sánchez, L. E., Campos-Navarrete, M. J., López-Cobá, E. H., Luna-Mendicuti, A. A., Ruz-Febles, N.M., Alayón-Gamboia J.A., Casanova-Lugo, F., Piñero-Vázquez, A.T. y Chay-Canul, A. 2022. Producción y calidad forrajera de *Cynodon plectostachyus* bajo sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 25:1-9.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 17th edn. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical.
- Arana, S. M. 2009. Degradación de potreros en Comunidades Ganaderas de Áreas Naturales Protegidas de Chiapas. Tesis Profesional Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V, Chiapas, México.

- Canul-Solis, J.R., Castillo-Sánchez, L.E., Escobedo-Mex, J.G., López-Herrera, M.A. y Lara y Lara, P.E. 2018. Rendimiento y calidad forrajera de *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia* y *Cynodon nlemfuensis* en monocultivo y sistema agroforestal. *Agro ciencia* 52(6): 853-862.
- CATIE. 2002. Proyecto "Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en centroamérica" Turrialba, Costa Rica, 28 p.
- Crespo, G. y Fraga, S. 2006. Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en sistemas silvopastoriles. Memorias IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. Varadero, Cuba. Pp 104.
- Cruz-Sánchez O. 2018. Producción de forraje y valor nutritivo del pasto mulato II (*Bracharia híbrido* 36087) a diferentes régimen de pastoreo. *Agroproductividad* 11: 18-23.
- Dillewijn, C.V. 1973. Botánica de la caña de azúcar. Edición Revolucionaria. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 460 p.
- Encinozo, G.O., Camacaro, C.S., Pinto, S.L. y Ríos D.A.L. 2017. Efecto de la presencia de sombra en áreas de pastoreo de ovinos. 1. Selección de especies forrajeras. *Pastos y Forrajes*. 40(1):65-72.
- Guenni, O., Seiter, S. y Figueroa R. 2008. Growth responses of three *Bracharia* species to light intensity and nitrogen supply. *Trop. Grassl.* 42:75-87
- Hernández, H.M., López O.S., Jarillo R.J., Ortega J.E., Pérez E.S., Díaz R.P. y Crosby G.M.M. 2020. Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1):53-69.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2003. Anuario Estadístico, Chiapas, México. 5 p.
- Lok, S. 2005. Estudio y selección de indicadores de la estabilidad en el sistema suelo-planta de pastizales en explotación. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 130 p.
- Medinilla-Salinas, L., Vargas-Mendoza, M., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Campbell, W. y Gutiérrez-Castorena, M. 2013. Growth, productivity and quality of *Megathyrsus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems*, 87:891-899.
- Nanami, S., Kawaguchi H., y Yamakura, T. 2011. Spatial pattern formation and relative importance of intra- and interspecific competition in codominant tree species, *Podocarpus nagi* and *Neolitsea aciculata*. *Ecol. Res.* 26:37-46.
- Núñez D.J., Ñaupari, V.J. y Flores, M.E. 2019. Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). *Rev. Inv. Vet. Perú* 30: 178-192.
- Obispo, N., Espinoza, Y., Gil, J., Ovalles, F. y Rodríguez M. 2008. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. *Zootec. Trop.* 26: 285-288
- Paciullo, D.S.C., Gomide, C.A.M., Castro, C.R.T., Maurício, R.M., Fernández, P. B. y Morenz, M.J.F. 2016. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass and Forage Science*. 72(3):590 -600.
- Padilla, C. 2002. Métodos de laboreo y fertilización química del suelo en la recuperación de un área forrajera de guinea *Panicum máximum* jacq). *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 36(2):173-179.
- Páez, A., Gonzalez, M.E. y Villasmil, J. 1997. Acclimation of *Panicum maximum* to different light regimes. Effect of subsequent defoliation. *Rev. Fac. Agron. (Luz)*. 14: 625.
- Pérez, L.E., Kú V.J.C., Ramírez A.L. y Martínez H.S. 2012. Suplementación con *G. Sepium*: Su efecto en la digestión ruminal y el comportamiento de bovinos en pastoreo intensivo en la época de lluvias. **Pastos y Forrajes**. Suplemento1. 25(4):1-12
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No 2. CATIE-GTZ. Turrialba, Costa Rica. 275 p.
- Pineda-Doporto, L.E., Castillo-Sánchez, A.R., Alvarado-Canché, M.J., Campos-Navarrete, A.J., Chay-Canul, A.T., Piñeiro-Vázquez, J.R. y Canul-Solis, J. R. 2019. Producción Forrajera de *Brachiaria brizantha* bajo Monocultivo y Sistema Silvopastoril. En: *Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria* Tecnológico Nacional de México. Pp. 422-426
- Rivas, L.R. 2002. Impacto económico de la adopción de pastos mejorados en América Latina tropical. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. 38 p.
- Romero, D.G., Echevarría R.M., Trillo Z.F., Hidalgo L.V., Aguirre T.L., Robles R.R. y Núñez D.J. 2020. Efecto del faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 31(1): e17562.
- Sánchez, S., Crespo, G. y Hernández, M. 2007. Acumulación de hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. *Pastos y forrajes* 30(3):139 p.
- Santiago-Hernández, F., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Hernández P. y Guerrero-Rodríguez, D.J. 2016. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agrofor. Syst.* 90:339-349.
- SAS. 2006. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00. SAS, Cary, NC, USA.
- Smethurst, P.J., Huth, N.I., Masikati, P., Sileshi, G.W., Akinnifesi, F.K., Wilson, J. y Sinclair, F. 2017. Accurate crop yield predictions from modelling tree crop interactions in gliricidia-maize agroforestry. *Agricultural Syst.* 155:70-77
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. y Dicky, D.A. 1997. Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach. 3rd Edition, McGraw Hill, Inc. Book Co., New York. 672 p.
- Szott, L., Ibrahim, M. y Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in central América, CATIE, Costa Rica. 43 p.
- Toledo, J. y Fisher, M. 1989. Aspectos fisiológicos de *Andropogon gayanus* y su compatibilidad con leguminosas forrajeras. En: *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. J. Toledo, R. Vera, C. Lascano y J. Lenné (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 69 p.
- Van Soest, P.J., Robertson J.B. y Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Wong, C.C. y Wilson, J.R. 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Aust. Jour. Agric. Res.* 31: 269.
- Xavier, D.F., Ledo, F.J., Paciullo, D.S., Urquiaga, S., Alves, B.J. y Bodde, R.M. 2014. Nitrogen cycling in a *Brachiariabased* silvopastoral system in the Atlantic Forest region of Minas Gerais, Brazil. *Nutr Cycl Agroecosys* 99: 45-62.